Anno III - Luglio 1959 - Sped. in abbon. postale - Gruppo III

alta fedeltà

PRODEL STEREOPHONIC

i nuovi modelli a suono stereofonico

Festival - Stereo

(Radiofonografo)

I classici ed eleganti due mobili del nostro apparecchio FESTIVAL sono stati abilitati al «Festival Stereo» senza nulla perdere della grandiosa qualità di produzione

Melody - Stereo

(Radiofonografo)

Riproduttore fonografico stereofonico ad alta fedeltà con sintonizzatore radio in Modulazione di Frequenza

PRODEL
PRODOTTI ELETTRONICI

PRODEL S.p.A. MILANO
via monfalcone, 12
telefoni 283.651 - 283.770

Direzione, Redazione,
Amministrazione
VIA SENATO, 28
MILANO
Tel. 70.29.08/79.82.30
C.C.P. 3/24227

Editoriale - *A. Nicolich* - Pag. 173

L'amplificatore « Stereo » G243HF - G244HF della J. Geloso.
F. Simonini - Pag. 175

I riproduttori fonografici piezoelettrici e ceramici.
G. Nicolao - Pag. 196

Strumenti di misura per il laboratorio Alta Fedeltà.
P. Cremaschi - Pag. 182

La rigidità dei diaframmi degli altoparlanti, vantaggi della costruzione a sandwich.
G. Baldan - Pag. 190

A tu per tu coi lettori - Pag. 195.

Rubrica dischi Hi-Fi.
F. Simonini - Pag. 198

sommario al n. 7 di alta fedeltà

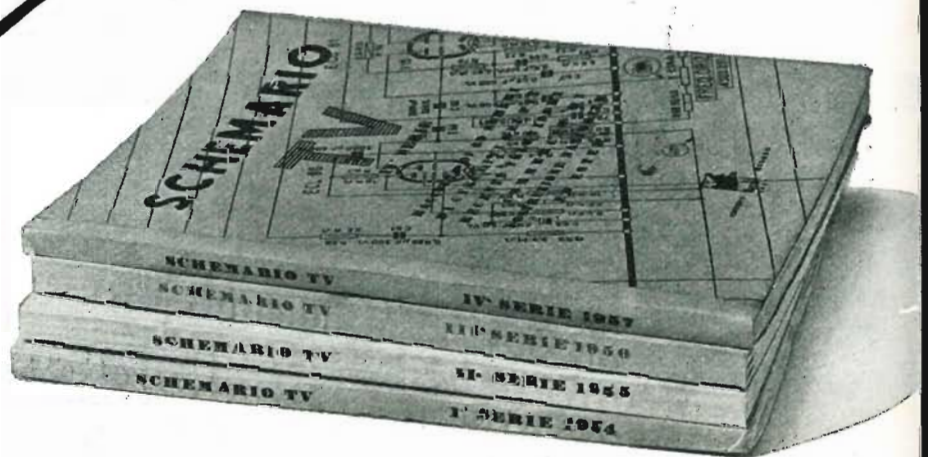
pubblicazione mensile

Direttore tecnico: dott. ing. Antonio Nicolich

Impaginatore: Oreste Pellegri

Direttore responsabile: Alfonso Giovene

Un fascicolo separato costa L. 250; abbonamento annuo L. 2500 più 50 (2% imposta generale sull'entrata); estero L. 5000 più 100.
Per ogni cambiamento di indirizzo inviare L. 50, anche in francobolli.

Autorizz. del Tribunale di Milano N. 4231 - Tip. TET - Via Baldo degli Ubaldi, 6 - Milano

E' in vendita presso la

Ed. il Rostro - Via Senato, 28 - Milano - Tel. 798.230 - 702.908

Fonorivelatori per alta fedeltà

Nel periodo stagionale da maggio a giugno, le variazioni di temperatura sono sensibili; infatti attraverso oscillazioni in più e in meno si passa dalla temperatura invernale a quella estiva (la primavera non è più di moda). In queste condizioni i fonorivelatori piezoelettrici accusano delle anomalie di risposta, che va diminuendo al crescere della temperatura. E' infatti noto che in climi tropicali i cristalli piezoelettrici danno una resa molto scarsa ed oltre i 55 °C cessano completamente di funzionare; inoltre anche se riportati a temperatura inferiore (diciamo in ambiente a 20 °C) le proprietà piezoelettriche vengono ristabilite solo in piccola parte ed il cristallo è da ritenersi definitivamente danneggiato.

Che cosa capita allora in un amplificatore di alta fedeltà?

La resa del complesso decresce in modo apprezzabile anche dal profano non provvisto di strumenti di misura; la risposta in frequenza varia sensibilmente; in altre parole l'alta fedeltà è perduta.

La cosa assume proporzioni catastrofiche per la produzione in serie: le alterazioni dei cristalli non sono mai uguali, perciò gli apparecchi hanno una resa diversa per ognuno; il collaudatore riscontra che le tolleranze ammesse nelle prescrizioni di collaudo sono divenute troppo strette ed è obbligato ad effettuare una percentuale di scarto eccezionalmente alta, con drammatiche ripercussioni economiche. Viceversa se un complesso è stato realizzato e messo a punto in estate, la serie degli stessi apparecchi prodotta in inverno riserba dolorose sorprese in senso opposto, in particolare compare la microfonicità, per cui è necessario ricorrere a modifiche delle sospensioni dei giradischi, degli altoparlanti, ed apportare varianti costruttive dei mobili; ciò significa sospendere la produzione per un tempo imprecisabile con danno gravissimo per l'azienda.

Tutto ciò però, ben poco interessa alla maggior parte dei nostri lettori, i quali invece si preoccupano che il loro apparecchio di alta fedeltà è mutato in peggio. Non è una scoperta che stiamo facendo, se ora diciamo che il rimedio sta nel dotare gli impianti di alta fedeltà con fonorivelatori non piezoelettrici, ma del tipo dinamico o a riluttanza variabile, che accoppiano ad una costanza quasi assoluta di resa, una molto minore fragilità.

Vien fatto di chiederci cosa avverrà con la stereofonia.

La risposta è unica ed immediata: i due canali devono essere equilibrati al massimo (insistiamo per la completa simmetria in un complesso stereo di vera alta qualità), quindi è da escludersi l'uso di rivelatori fonografici piezoelettrici che comincerebbero ad introdurre nella catena il primo anello causa di squilibrio.

Abbiamo detto che i cristalli non danno mai rese uguali, le variazioni di temperatura non possono che peggiorare la situazione (la compensazione non avviene mai, gli inconvenienti si sommano sempre, per l'introduzione caudale del bicornuto spirito malefico che sa di zolfo).

Dunque auspichiamo che tutti i complessi stereofonici classificabili di alta fedeltà siano provvisti di fonorivelatori a riluttanza variabile o di tipo similare, la resa dei quali sia indipendente dalla temperatura.

Nel numero 8, agosto '59, della nostra rivista, dedicheremo due articoli all'argomento « Pick-up per stereofonia », allo scopo di far conoscere i principi del loro funzionamento ed i tipi già realizzati presenti sul mercato.

Dott. Ing A. NICOLICH

FILI RAME ISOLATI IN SETA
FILI RAME SMALTATI AUTOSALDANTI CAPILLARI DA 004 mm A 0,20
FILI RAME ISOLATI IN NYLON
FILI RAME SMALTATI OLEORESINOSI
Rag. FRANCESCO FANELLI
VIA MECENATE 84/9 - MILANO
TEL. 710.01
CORDINE LITZ PER TUTTE LE APPLICAZIONI ELETTRONICHE

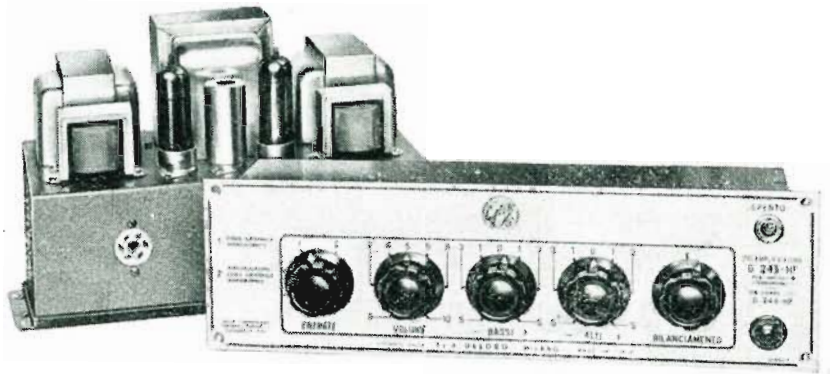
L'amplificatore Stereo G 243 HF - G 244 HF della J. Geloso

a cura del Dott. Ing. F. SIMONINI

Fig. 1 Amplificatore « stereo » G243 HF-G244 HF della Geloso.

Nel numero cinque della rivista abbiamo già descritto l'amplificatore stereo n. G 235 e n. G 236 della J. Geloso.

Siamo stati ben lieti di pubblicare questi schemi per la novità e soprattutto razionalità dei circuiti, ma ancor più per la possibilità che offre la casa costruttrice di avere a disposizione i pezzi fondamentali con una certa facilità.

Completiamo l'opera fornendo qui gli schemi di un complesso di minore mole e prestazione di quello descritto nel numero 5 - 1959.

A rigore questo che presentiamo, accontentando gli amatori di minori possibilità economiche, non è un complesso di alta fedeltà. La banda infatti arriva ai 10 000 periori solamente, partendo dai 60 Hz e così via, la potenza arriva ai 4 W con il 5 % max di distorsione, ecc.

Non vogliamo comunque con ciò comportarci come dei puristi e dei fanatici. Il compromesso di natura economica ha infatti sempre il suo valore oltre al fatto che vale pure una considerazione: cominciare con il meno complicato prepara il novizio per i complessi di maggiore impegno.

D'altra parte questi complessi sono accoppiabili con il G 235 ed il G 236 già descritti.

Vale a dire che desiderando forte potenza, ma volendo lavorare con un giradischi a cristallo si potrà accoppiare il G 243 HF con il G 236. Viceversa desiderando poca potenza, ma migliori possibilità di comando si potrà accoppiare il G244H con il preamplificatore G 235. Ma questo non è che uno dei pregi dei complessi che qui descriviamo.

Dati tecnici del G.243HF e G.244HF

Potenza d'uscita nominale (1) con distorsione inferiore al 5 %: 4 W.
Risposta alla frequenza (2): lineare ± 1 dB da 60 a 10.000 Hz.
Controllo della risposta con regolatori graduali indipendenti di tono: alle frequenze alte da + 12 dB a — 8 dB a 10.000 Hz; alle frequenze basse da + 15 dB a — 18 dB a 50 Hz.
Intermodulazione: inferiore all'1%.
Tensione rumore (2): ronzìo e fruscìo 70 dB sotto l'uscita massima.
Controreazione: 20 dB.
Fattore di smorzamento (resistenza carico/resistenza interna): 7.
Sensibilità per una potenza d'uscita di 4 W: entrata 1 : 50 mV (1 MΩ); entrata 2 : 50 mV.
Circuiti d'entrata: 1 = radio o fono monoaurale; 2 = fono stereofonico.
Circuito d'uscita (uno per ciascun canale): ad impedenze combinabili da 3 a 24 ohm (vedi tabella posta sull'amplificatore finale).
Controlli (3): selettore d'entrata a due posizioni - volume regolatore di tono alle frequenze alte - regolatore di tono alle frequenze basse (tutti sul preamplificatore, unificati per i due canali).
Alimentazione: con tensione alternata da 100 a 290 V, commutabile mediante cambio tensioni. Consumo a 160 V: 70 VA. Fusibile di sicurezza: fino a 160 V = 1 A; per 220 ÷ 290 V = 0,75 A.
Dimensioni d'ingombro: preamplificatore, profondità cm. 8,5 + 2,5; pannello frontale, cm. 33,5 × 10; amplificatore finale, base centimetri 33 × 18,5, altezza cm. 20.
Peso netto circa: preamplificatore kg. 1,550; amplificatore finale kg. 6.

Lo schema elettrico del preamplificatore

Il preamplificatore G 243 HF di figura 2 prevede solo due ingressi: quello doppio per la testina stereofonica e quello per il sintonizzatore. Il commutatore previsto allo scopo per passare con facilità da un ser-

(1) Per ognuno dei due canali.
(2) Di tutto il complesso, preamplificatore e amplificatore, per ogni canale, con i regolatori di risposta a zero.
(3) Azione comune per i due canali.

vizio all'altro prevede che siano collegati a massa gli ingressi non utilizzati.
Solo con questi accorgimenti è possibile ottenere i 70 dB di rapporto segnale disturbo.
Questa bella prestazione degna di una vera alta fedeltà è ottenuta alimentando in c.c. con buon filtraggio i filamenti della valvola impiegata nel preamplificatore. Nel caso di ingresso con sintonizzatore entrambi i canali vengono alimentati in parallelo. Con ciò entrambi i canali acustici lavorano assieme provocando una ricezione monaurale sì, ma non più a mezzo di una sorgente puntiforme. Si creano così le condizioni per un effetto pseudostereofonico che in ogni caso rende meno faticosa la comprensione del testo musicale.
Un doppio potenziometro da 1 MΩ permette di regolare il volume. Il segnale dal cursore di ogni potenziometro viene portato alla griglia di due triodi della prima ECC 83. Questo tubo in pratica deve far fronte con la sua amplificazione alle perdite che introducono in ogni canale i comandi degli acuti e dei bassi. Questi comandi sono realizzati in simmetrico con due potenziometri doppi da 1 MΩ secondo lo schema convenzionale da tempo adottato dalla Geloso. Segue un comando di bilanciamento realizzato con un potenziometro da 0,5 MΩ, mentre uno dei canali vede dimezzata la sua amplificazione mediante un partitore costituito da due resistenze da 0,22 MΩ in cascata, l'altro canale ha inserito il potenziometro da 0,5 MΩ come regolatore di livello.

Dato che seguono due stadi di catodo è possibile applicare in uscita a questi ultimi anche un semplice strumento in c.a. con cui sarà possibile controllare la posizione centrale del comando di bilanciamento alimentando evidentemente in parallelo gli ingressi relativi alla testina stereofonica.
Questo comando di bilanciamento, d'altra parte, se ruotato del tutto verso massa, permette di eliminare l'amplificazione di uno dei due canali, cosa che permette di constatare in ogni caso la differenza tra l'amplificazione con riproduzione monaurale a sorgente singola o doppia di suoni.
Il segnale su ognuno dei canali viene condotto alla griglia dei due triodi di una 12AT7 funzionanti come amplificatori di catodo.
Si è impiegata allo scopo una valvola di discreta conduttanza mutua allo scopo di ottenere una impedenza di uscita sensibilmente più bassa di quella che si potrebbe ottenere ad esempio con una 12AX7. Si tenga comunque presente che nel caso nostro i circuiti di uscita a bassa impedenza non hanno solo il compito di evitare accoppiamenti tra i circuiti di uscita dei due canali (condotti con cavo unico a parete) e di ridurre ogni captazione di segnali spurii, ma anche di eliminare l'effetto della bassa impedenza di entrata dello stadio di potenza.
Si tratta infatti di amplificazione a forte controreazione di tensione e con tutta la capacità dovuta all'effetto Miller del primo stadio a triodo.

Dal preamplificatore partono due cavi ancorati a due zoccolini. Uno porta le tensioni di alimentazione di filamento ed anodiche, oltre che i terminali in c.a. per l'interruzione del primario del trasformatore generale di alimentazione.
Ai capi del circuito di accensione dei filamenti in c.a. è stata disposta una lampadina spia.
Un altro zoccolino porta i terminali di uscita con un collegamento di massa che viene servito prudenzialmente da due piedini e da un doppio conduttore in modo che ai capi di questa sia pur ridotta resistenza di collegamento, si localizzi la più debole caduta di tensione possibile.

Lo schema elettrico dell'amplificatore di potenza

In fig. 3 è riportato lo schema dell'amplificatore di potenza doppio G 244 HF.
Si tratta di un doppio amplificatore in « single ended » cioè con stadio di uscita con un solo pentodo tipo EL84.
Si è realizzato un opportuno compromesso tra distorsione e potenza. I 4 W di potenza di uscita sono più che sufficienti ad una buona audizione anche in una sala di notevoli dimensioni, tanto più che una uscita normale di 2 W circa (con cui si scende nettamente e sicuramente sotto l'1 % di distorsione) è più che sufficiente a rompere le orecchie data la presenza dei due canali. D'altra parte si lavora con un limite abbastanza alto per le basse frequenze (dato che le testine piezoelettriche anche di buone caratteristiche difficilmente scendono sotto i 100 Hz) e quindi la forte potenza non è più necessaria.
Il circuito di ingresso di ogni triodo preamplificatore è limitato come impedenza da soli 22 kΩ che vengono serviti con due condensatori di accoppiamento da 0,25 μF. Si introduce così d'altra parte un certo taglio per le frequenze più basse che non si vogliono decisamente amplificare.
La sensibilità del complesso è piuttosto bassa (50 mV), perchè un solo triodo di ECC83 sia sufficiente a pilotare convenientemente la EL84. Le ECC83, d'altra parte, lavorano con 100 di μ e con 0,22 MΩ in placca. Vero è che sia il triodo, sia il pen-

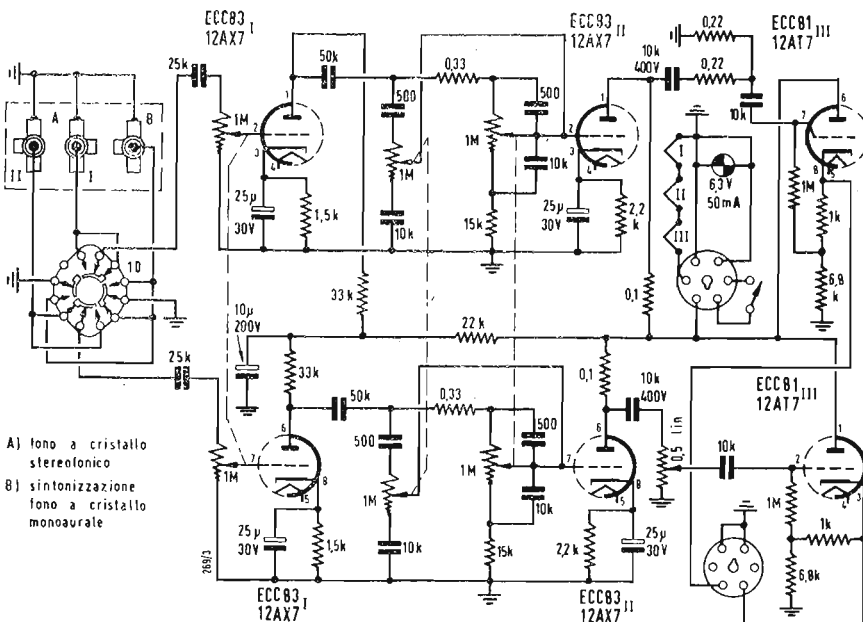



Fig 2

Schema elettrico del preamplificatore stereofonico G 243 HF.

todo lavorano senza by-pass catodico. Decisamente l'amplificazione era sovrabbondante.
Il circuito rimane così ridotto all'essenziale e si riducono anche i periodi di indesiderate rotazioni di fase per le frequenze più basse, cosa questa tanto più importante in quanto la controreazione di ogni stadio è del tipo Williamson ricavata da un secondario a parte del trasformatore di uscita e comporta ben 20 dB di riduzione di amplificazione. Ma anche per gli acuti si sono prese d'altra parte le necessarie precauzioni per il taglio delle frequenze fuori banda. In parallelo agli 0,47 MΩ di griglia delle EL84 sono stati disposti 340 pF con 2,2 kΩ in serie.
Le resistenze del partitore di controreazione sono state scelte di notevole precisione al 2 % con lo scopo evidente di simmetrizzare bene il circuito come amplificazione.
I trasformatori di uscita permettono tutta una gamma di impedenze dai 3 ai 24 Ω.
Il collegamento è quanto mai agevole dato che il secondario di controreazione è separato. Mediamente si ottiene un fattore di smorzamento (Resistenza di carico-Resistenza interna) di circa 7, valore più che accettabile per la maggioranza degli altoparlanti.
E' questo il pezzo che più può interessare il privato che desideri autocostruirsi il complesso.
L'alimentazione è stata qui particolarmente curata e con ragione chè non si hanno i vantaggi del controfase quanto ad automatica eliminazione del residuo alternato. Si sono quindi montati due condensatori da 2 × 32 μF - 350 V con un'impedenza di filtro. Si ha quindi un buon filtraggio ed una discreta stabilità della tensione di gliglia schermo in occasione dei forti richiami di corrente relativi ai picchi di potenza.

Gli stadi amplificatori di tensione fruiscono di una cellula di filtro RC di 4,7 kΩ e 50 μF.
I filamenti del preamplificatore vengono alimentati in c.c. e la tensione è filtrata anche qui con una cellula a pi greca con due condensatori da 100 μF ed una impedenza di filtro disposta sul ritorno di massa.
Entrambi i circuiti sono alimentati da due raddrizzatori al selenio a ponte. L'ingombro degli avvolgimenti del trasformatore di alimentazione viene così ridotto al minimo. I filamenti delle due EL84 e della ECC83 di preamplificazione vengono alimentati in c.a. da un avvolgimento a parte.

Il primario è alimentato a mezzo di un doppio cambiatensione che permette l'utilizzazione di qualsiasi tensione di alimentazione in c.a. di 10 in 10 V dai 100 V ai 300 V.

Due condensatori da 15.000 pF ai capi della rete by-passano a massa buona parte dei disturbi provenienti dai transitori dovuti in massima parte agli attacchi e stacchi di utilizzatori alla rete in c.a.

impedenze d'uscita			
imped ohm	linea ai morset.	unire tra loro i mors.	
3-4	1-3	□ 1-2	3-4
4,5-5,5	1-5	□ 1-2	5-6
6-8	4-5	□ 1-6	
12-16	2-3	□ 1-4	
15-19	2-5	□ 1-4	
18-24	2-5	□ 1-6	
□ morsetto da colleg. a massa			

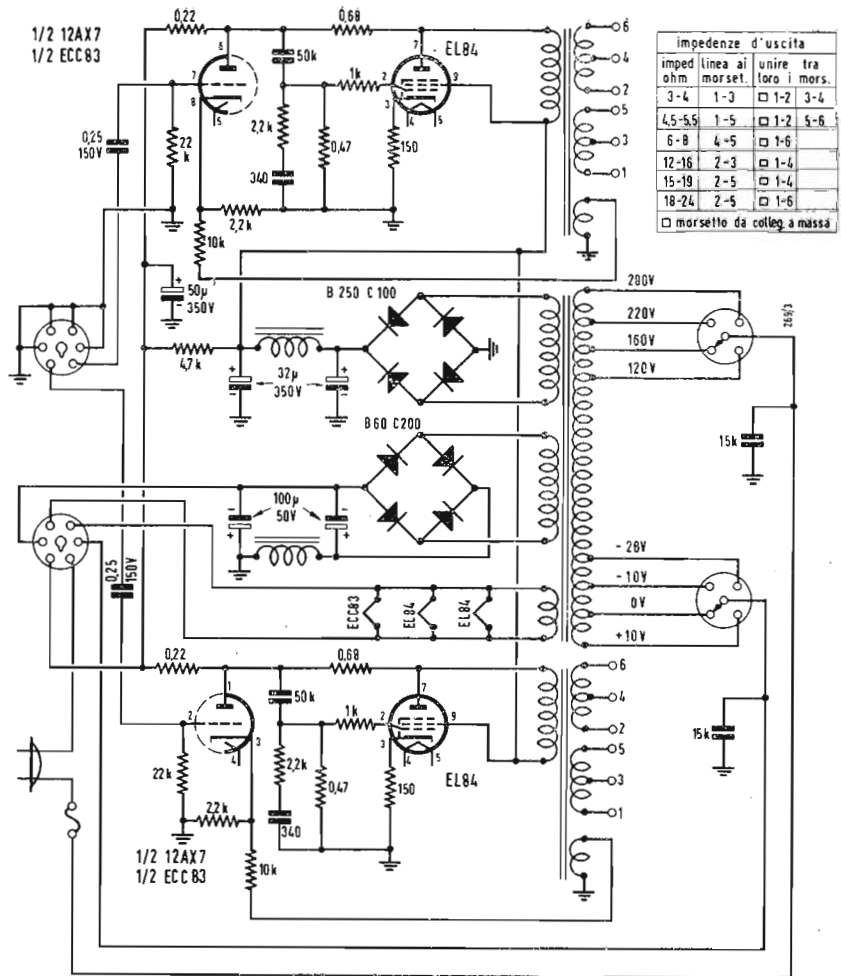



Fig. 3 | **Schema elettrico dell'amplificatore stereofonico G 244 HF.**

Il fusibile di sicureza è di 1 A fino ai 160 V di lavoro e di 0,75 per tensioni fino ai 230 V.

Considerazioni sull'impiego del G.243 e 244HF

E' un'impianto di media fedeltà e di costo decisamente modesto. L'ingombro ridotto fa sì che possa venir facilmente accoppiato ad un sintonizzatore per realizzare un ottimo radiogrammofono di qualità.
Per quanto riguarda la banda di lavoro va ricordato che, dato che si impiega un rivelatore a cristallo che lavora per spostamento di puntina e non per velocità di spostamento, si ha una automatica esaltazione delle frequenze più basse che supplisce alla egualizzazione (che infatti manca nel preamplificatore). Così pure gli acuti vengono progressivamente tagliati dall'andamento di resa del G 243 - 244 HF che taglia a partire dai 10.000 Hz.

Tenendo conto di questo e della banda di lavoro delle buone testine piezoelettriche (Elac, Dual, le migliori Ronette, ecc) si può pensare di arrivare comodamente ai 12 - 13.000 Hz. Con che anche i migliori e più giovani auditori di musica sinfonica (a 50 anni si percepiscono appena i 10 kHz) sono accontentati.
D'altra parte il regolatore di tono per gli acuti ha una riserva di + 12 dB a 10 kHz e può consentire con facilità ogni ritocco di gamma.
Nel complesso questo è un amplificatore di buone caratteristiche che raccomandiamo particolarmente a chi inizia il lavoro di Hi-Fi. ■

La parte XX della serie "Introduzione all'alta fedeltà,, del Dott. Ing. F. Simonini verrà pubblicata nel prossimo numero 8 di Agosto.

I riproduttori fonografici piezoelettrici e ceramici

G. NICOLAO

La principale sorgente di programma per gli impianti di alta fedeltà è costituita dai dischi long playing e microsolco e dagli ultimi tipi di dischi a 78 giri con migliorate caratteristiche d'incisione. E' quindi molto importante considerare nell'impianto ad alta fedeltà la parte preliminare, che serve alla trasduzione delle oscillazioni del solco riportate sul disco, in segnali elettrici che dovranno essere amplificati. I riproduttori fonografici chiamati comunemente pick-up sono elementi complessi elettro-meccanici che hanno appunto la funzione di tradurre le vibrazioni elettriche che saranno amplificate e riprodurranno i suoni all'altoparlante. Due sono i tipi di rivelatori praticolarmente diffusi nel campo della riproduzione fonografica: il tipo magnetico e il tipo a cristallo detto anche piezoelettrico e ceramico. I rivelatori magnetici nella loro primitiva forma erano diffusi prima che nascesse l'alta fedeltà e non consentivano nell'esecuzione rudimentale che allora era in uso comune di ottenere brillanti risultati. Esistendo esclusivamente il disco a 78 giri questi riproduttori con puntina di acciaio potevano riprodurre le frequenze più basse all'incirca di 100 Hz e le frequenze più alte non superanti comunemente i 4500 e 5000 Hz.

Attualmente nel campo dell'alta fedeltà si intende per rivelatore magnetico un rivelatore del tipo a riluttanza variabile, mentre per rivelatore piezoelettrico si può intendere indifferentemente il tipo ceramico o il tipo piezoelettrico propriamente detto. E' invalsa l'abitudine nel campo degli amatori dell'alta fedeltà di considerare soltanto i primi rivelatori, quelli magnetici a riluttanza variabile o a velocità, come riproduttori fedeli della qualità musicale incisa nel disco e di aborrire i riproduttori di tipo piezoelettrico e ceramico. Nel nostro caso prenderemo in esame i più moderni pick-up di tipo piezoelettrico e ceramico per vedere se effettivamente queste prese di posizione siano ancora valide.

La condizione principale per un pick-up rivelatore è che sia in grado di tradurre le vibrazioni meccaniche della puntina in vibrazioni elettriche con un'ottima fedeltà e quindi deve essere esente da risonanze proprie o spurie che possono creare suoni non esistenti in realtà.

D'altra parte il sistema puntina rivelatore dovrà essere in grado di vibrare uniformemente tanto alle frequenze più basse dello spettro sonoro quanto a quelle più alte di esso, nel campo prescelto, per ottenere una buona qualità di riproduzione.

E' anche interessante che il rivelatore sia in grado di dare un rendimento elevato, abbia cioè una uscita utile sufficiente per consentire il collegamento con un amplificatore senza l'interposizione di un trasformatore elevatore di tensione. La differenza che distingue di primo acchito un rivelatore piezoelettrico da un rivelatore a riluttanza variabile è che la tensione d'uscita del primo è molto superiore a quella del secondo, per cui gli stadi del preamplificatore che nel caso del rivelatore a riluttanza variabile devono almeno essere tre, possono essere ridotti a una sola unità triodica nel caso del rivelatore di tipo piezoelettrico o ceramico. Infatti la entità della tensione sviluppata dal movimento della puntina è compreso generalmente tra 3 e 30 mV nel caso del rivelatore di tipo magnetico sia a velocità, sia

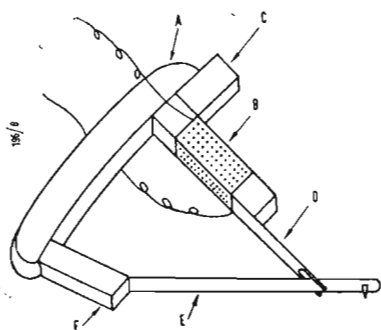



Fig. 1

Spaccato di pick-up a cristallo. A) Supporto in materia plastica rigido a cui è fissato il cristallo B) per mezzo di una fascetta di metallo C). Il braccio porta puntina E) fissato ad un supporto elastico F) trasmette il moto al cristallo per mezzo della leva D).

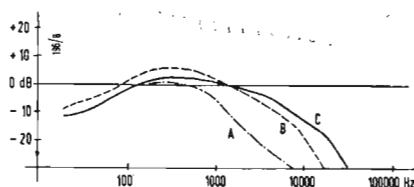



Fig. 2

Curve di risposta di pick-up a cristallo: A) Piezoelettrico del 1950/51 B) Ceramico recente di tipo normale C) Ceramico selezionato per alta fedeltà.

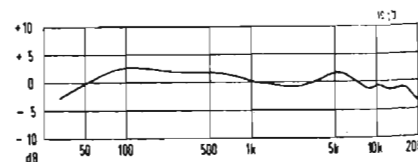



Fig. 3

Risposta di un moderno tipo di rivelatore ceramico (Electro Voice).

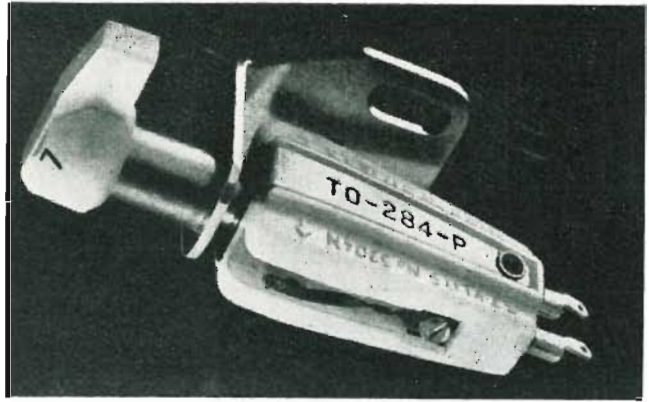



Fig. 4

Aspetto esterno di una capsula di tipo piezoelettrico ceramico (o nette).

a riluttanza variabile, mentre è compresa tra un minimo di 100 mV e un massimo di 1 V nel caso del rivelatore di tipo ceramico o piezoelettrico.
E' evidente che nella realizzazione di apparecchiature in cui il costo e la semplicità non siano fattori trascurabili, la possibilità di avere un intenso segnale d'uscita è importante, in quanto permette di ridurre gli stadi che precedono lo stadio finale di potenza; in secondo luogo la presenza di un segnale forte permette di utilizzare circuiti semplificati che introducono una distorsione minore di quelli impiegati nel caso della testina a riluttanza variabile, a meno che questi ultimi non siano particolarmente elaborati.
E' logico quindi che sia i costruttori di apparecchi radiofonici di classe media e discreta, sia quelli realizzatori di alta fedeltà si siano subito fortemente interessati al rivelatore di tipo piezoelettrico e ceramico, mentre l'amatore ha trovato in questa espressione di rivelatore una semplificazione nella realizzazione delle sue aparecchiature. Guardando su qualsiasi catalogo la produzione dei giradischi di media e buona qualità moderni si noterà che le testine più diffuse sono quelle piezoelettriche o ceramiche. Questo fenomeno è dovuto al fatto che esse si adattano più facilmente a tutte le esigenze e che d'altra parte la limitazione nella risposta delle frequenze elevate non è considerata nella produzione normale un ostacolo alla loro diffusione. Tutti questi rivelatori (anche quelli di caratteristiche meno felici) hanno valori limiti di risposta assai migliori di quelli che esistevano non più di 10 anni fà nei rivelatori a puntina intercambiabile e variazione magnetica.

Il rivelatore piezoelettrico o a cristallo.

Il rivelatore piezoelettrico funziona su un fenomeno assai noto, scoperto nel 1880 da Pierre Curie, che, sottoponendo un cristallo di una certa sostanza a pressione o deformazione, notò che si sviluppavano ai suoi capi due tensioni di segno opposto. Utilizzando questa proprietà e trasferendo ad un cristallo attraverso una puntina variazioni di forma determinate dallo spostamento della puntina stessa sul solco del disco, è logico che sia possibile ottenere ai capi degli elettrodi applicati al cristallo una tensione variabile a seconda delle deformazioni trasmesse dalla puntina al cristallo stesso.

Pochi sono i cristalli che presentano questa interesante proprietà, ma fortunatamente sono abbastanza abbondanti in natura e possono essere prodotti con una certa facilità anche per via sintetica. I più noti cristalli piezoelettrici sono i cristalli di quarzo, quelli di tormalina e il sale di Seignette. Questi ultimi sono i più impiegati nella realizzazione di rivelatori a cristallo perchè possono essere coltivati in soluzioni concentrate in modo molto uniforme ed hanno un rendimento piuttosto alto. Essi sono però alquanto igroscopici, dato che sono solubili in acqua e non sopportano temperature superiori a 55° centigradi. Fortunatamente questi difetti possono essere minimizzati nel loro impiego in rivelatori immergendoli dopo la loro elaborazione in soluzioni speciali protettive contenenti siliconi, che non modificano le proprietà dei cristalli e li proteggono dagli agenti esterni. Il principio realizzativo del pick-up di tipo a cristallo o piezoelettrico è illustrato nella fig. 1, in essa è visibile la puntina di diamante collegata tramite una ancoretta D movibile solidale ad essa ad un estremo del cristallo sensibile B, costituito da due lamine sovrapposte di sale di Seignette argentate nelle due faccie, l'argentatura corrisponde ai due elettrodi ai capi dei quali si svilupperà la tensione modulata, dovuta alla tensione del cristallo. Il cristallo fissato ad una estremità ad un supporto è deformato secondo il senso di movimento della ancoretta e quindi della puntina che segue l'ondulazione del solco. Questa torsione del cristallo determina lo svilupparsi per effetto piezoelettrico di tensioni ai capi dei due elettrodi posti direttamente a contatto con le due faccie del cristallo. Queste tensioni sono direttamente proporzionali all'ampiezza del movimento della puntina e alla frequenza della vibrazione ad essa imposta dal solco del disco. Si ottiene così una tensione modulata il cui valore d'uscita corrisponde al tipo di cristallo, al suo montaggio ed alla sua sensibilità. Questa tensione è — come abbiamo già detto — compresa tra circa 100 mV ed 1 V.

I rivelatori a cristallo hanno molti vantaggi che hanno esteso enormemente la loro diffusione in questi ultimi anni. In primo luogo è possibile realizzare con questo sistema rivelatori molto leggeri, il cui peso può essere limitato a 4 - 8 grammi e quindi ridurre praticamente a zero l'usura dei dischi, senza impiegare un braccio con contrappeso, come è necessario nella maggior parte delle testine a riluttanza variabile. In secondo luogo esse forniscono una tensione elevata e possono conseguentemente essere applicate direttamente senza preamplificatori a circuiti di bassa frequenza di semplice realizzazione.

Infine la loro caratteristica di risposta è molto uniforme ed estesa dal campo delle note più basse a quello medio alte con una sufficiente linearità. a curva di risposta di un rivelatore a cristallo di realizzazione moderna è illustrata nella fig. 2. La risposta difettosa nel campo delle alte frequenze delle curve A e B è dovuta alla capacità propria del sistema che attenua l'uscita via via che la frequenza aumenta, per la diminuzione di reattanza della capacità in parallelo. Il rivelatore ceramico è basato sullo stesso principio del rivelatore a cristallo, ma è di realizzazione successiva.

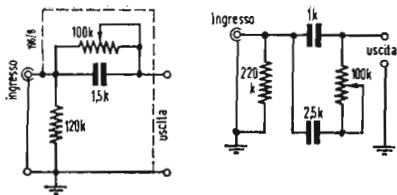



Fig. 5

Due circuiti correttori da mettere tra la capsula ceramica e l'entrata a buon guadagno sul preamplificatore Hi-Fi.

Esso venne realizzato da studi compiuti contemporaneamente da diverse società, tra le quali la Philips di Eindhoven e la Electrovox americana, intorno al 1946 - 1947. Esso si basa sullo stesso principio dei rivelatori piezoelettrici a cristallo, ma impiega al posto del cristallo di quarzo un particolare elemento ceramico. Uno degli elementi più in uso nel campo dei rivelatori fonografici è il titanato di bario che differisce dai normali sistemi cristallini impiegati nei rivelatori piezoelettrici per il fatto che esso non è un cristallo, ma una forma policristallina di tipo ceramico. Questo materiale ha anche il vantaggio di essere insensibile all'umidità e alla temperatura ed ha quindi una durata praticamente illimitata e una assai grande stabilità. Purtroppo, come tutti i materiali ceramici il titanato di bario ha il difetto di essere piuttosto fragile, quindi non è possibile realizzare con esso lamine troppo sottili. Questo fatto limitava inizialmente la possibilità di ottenere una vibrazione molto ampia e in conseguenza di avere una tensione di uscita elevata ed una risposta lineare, specie nel campo limite delle frequenze alte e basse. L'inconveniente dell'uscita minore rispetto ai rivelatori piezoelettrici che è di circa da 1/3 ad un decimo, e cioè da 350 mV a 100 mV, (1), assume un'importanza molto relativa nella realizzazione dei complessi d'alta qualità perchè è comunque assai più elevata di quella di una testina a riluttanza variabile. Vi sono però altri difetti che hanno fino a poco tempo fa limitato l'applicazione dei rivelatori ceramici alla sola branca dei rivelatori di medie rispetto a quelli a caratteristiche di altissima fedeltà.

Fra questi inconvenienti vi è la rigidità della puntina che non segue con sufficiente mancanza d'inerzia la vibrazione del solco e che dà quindi una distorsione da intermodulazione maggiore e non permette di ottenere una sufficiente dinamica nella riproduzione.

Questi fenomeni però sono stati quasi completamente eliminati nelle ultime realizzazioni, tanto nei tipi piezoelettrici quanto nei tipi ceramici selezionati per la riproduzione d'alta fedeltà: per cui è possibile dire che esiste attualmente un certo numero di rivelatori fonografici ad alto livello d'usctia capaci di estendere la loro risposta e di avere una distorsione d'intermodulazione e una dinamica assolutamente paragonabili alle testine di tipi a riluttanza variabile.

Un tipico rivelatore di questo genere è in grado di erogare una tensione di 150÷200 mV alla velocità della puntina di 7 cm al secondo ad una frequenza di 1000 Hz, ed è quindi collegabile direttamente ad un amplificatore avente un guadagno anche ridotto. La ratterisitca di risposta è praticamente lineare entro ± 2 dB da 30 a 15.000 Hz, con una pressione sul disco non superiore a 6 grammi.

Uno dei vantaggi dei rivelatori ceramici è quello di non essere sensibile a vibrazioni parassite provenienti dall'esterno e di non introdurre anche in presenza di forti campi elettromagnetici rumori d'alternata, cosa che invece si produce assai facilmente con i tipi magnetici a riluttanza variabile e impone una forte schermatura della testina. La curva caratteristica di uno di questi rivelatori è illustrata nella fig. 3. Le sue caratteristiche sono date dalla tabella 1.

Si tratta di una testina ceramica della società americana « Electro Voice » che già da qualche anno ha riscosso un notevole successo negli amatori d'oltre oceano. La sua reperibilità nel nostro mercato è piuttosto difficile ed il costo non è molto basso. Più diffuse nel nostro campo sono le varie testine ceramiche e piezoelettriche realizzate dalla Ronette. Una di esse è illustrata in fig. 4. Un'altra interessantissima testina piezoelettrica che ha dato dei risultati sorprendenti è il tipo TX88 della « Ronette » che è stata realizzata particolarmente per l'impiego su apparechiature di alta classe nel campo dell'alta fedeltà. Questa testina ha un costo molto basso e quindi si presta alla realizzazione di apparecchi d'alta qualità con una modica spesa.

Equalizzatori e preamplificatori per testine ceramiche.

Sebbene non sia necessaria una preamplificazione eguale a quella necessaria per le testine a riluttanza variabile, occorre ciò nonostante poter disporre di un sistema di correzione di risposta o equalizzatore anche per la testina di tipo ceramico. Il tipo di equalizzazione usato tuttavia è completamente differente dal sistema magnetico anche se nella maggioranza dei casi è più semplice. L'uscita di una cartuccia piezoelettrica o ceramica realizzata in funzione di ottenere una risposta al alta fedeltà ha un alto livello e quindi, non può essere introdotta direttamente in un preamplificatore nella presa prevista per la cartuccia a riluttanza variabile. Essa deve essere quindi inserita nella presa per segnali ad alta

(1) Considerando un pick up piezoelettrico standard capace di dare 1000 mV d'uscita di picco, il rivelatore ceramico analogo può dare 350 mV (~ 1/3) o 100 mV (1/10) a parità di sollecitazione meccanica.

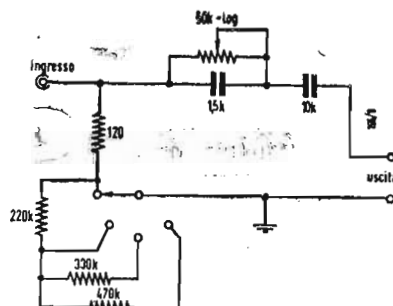
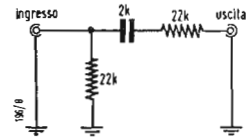



Fig. 6

Altro circuito più complesso da interporre tra il preamplificatore e la capsula ceramica per variarne il carico ed il taglio verso le frequenze alte.

Fig. 8

Filtro da premettere ad un preamplificatore normale per adattarlo alla testina ceramica.

intensità quali per esempio quelli previsti per il sintonizzatore MF o il ricevitore televisivo.
E' necessario a questo punto vedere se i controlli di toni delle note alte e delle note basse si trovano dopo il punto di inserzione o prima del punto di inserzione della testina ceramica.
Generalmente, quando l'impianto ad alta fedeltà e quindi il suo preamplificatore, è realizzato in funzione di essere collegato a un determinato sintonizzatore MF munito di controlli di tono indipendenti, può darsi che non esistano sulla entrata prevista per esso controlli di toni aggiuntivi; nelle condizioni normali però i controlli di tono si trovano naturalmente interposti tra la seconda presa e lo stadio amplificatore successivo, in modo che essi siano utilizzabili, tanto nel caso in cui il preamplificatore venga impiegato in unione ad un sintonizzatore quanto nel caso esso venga impiegato in unione ad una capsula a riluttanza variabile. In quest'ultimo frangente si tratterà di introdurre sull'entrata a basso guadagno del preamplificatore un circuito come quello illustrato dalla fig. 5. Ivi sono indicati semplici sitemi equalizzatori da premettere all'apparecchio in modo da compensare le caratteristiche di risposta della testina e coprire alcune delle curve in uso.
Un altro circuito molto semplice, utilizzato per la testina ceramica è illustrato nella fig. 6, in cui si vede il sistema che può essere premesso al preamplificatore in una piccola scatoletta schermata esterna, onde correggere continuativamente la curva di risposta della testina e avere una equalizzazione varibaile indipendentemente dai controlli di tono. Uno schema di preamplificatore adatto all'impiego con testina ceramica e impiegante un solo doppio triodo è illustrato nella fig. 7. Esso è raccomandabile in quanto prevede le varie possibilità di regolazione delle curve di risposta e contemporaneamente comprende i controlli di toni note alte e toni note basse, in modo da poter essere premesso a un qualsiasi amplificatore di potenza per alta fedeltà.
La distorsione introdotta da questo preamplificatore è dell'ordine dello 0,1% e quindi le sue caratteristiche si possono considerare eccellenti.

Collegamento della testina ceramica all'ingresso normale di un preamplificatore

Sotto molti aspetti è spesse volte preferibile collegare l'uscita della testina ceramica allo stesso ingresso previsto nei preamplificatori per alta fedeltà per la testina a riluttanza variabile.
In questo modo è possibile sfruttare tutte le posizioni di equalizzazione presenti nei preamplificatori ed avere quindi i migliori risultati senza dover introdurre modificazioni all'apparecchio. Per fare ciò è semplicemente necessario intromettere tra la testina ceramica e l'ingresso del preamplificatore un circuito come quello illustrato dalla fig. 8. Esso è costituito da un filtro d'ingresso realizzato con una resistenza da 22 kohm e un condensatore da 2000 pF e da una resistenza di carico molto basso quale 22 kohm prevista per ridurre l'uscita della testina e creare un forte carico ad essa.
La curva di risposta della testina con un filtro di questo genere si avvicina molto a quella di una capsula a riluttanza variabile per cui si può dire senz'altro che il trasduttore si sia trasformato in un elemento a variazione di velocità. L'unico fattore che ha notevole importanza in questa trasformazione è la scelta della resistenza di carico. Questa, costituita nel nostro caso dalla piccola resistenza da 22.000 ohm, varia a seconda del tipo di capsula ed è quindi necessario arrivare al valore esatto attraverso prove sperimentali, onde ottenere i migliori risultati.

TABELLA 1.

Risposta in frequenza: 20÷15.000 Hz±0,5 dB.

Distorsione intermodulazione: minore del 3% a 18 cm/sec.

Distorsione armonica: minore dello 0,5%.

Compliance: 3×10^{-6} cm/dine.
Tensione d'uscita: 500 m/V.

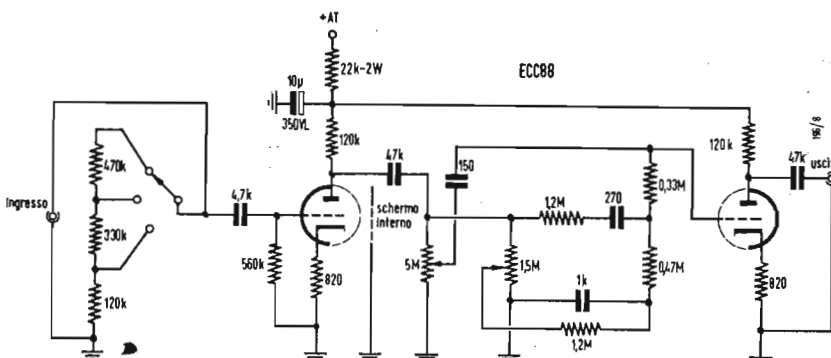



Fig. 7

Preamplificatore ad alta fedeltà per capsula ceramica, realizzato con un doppio triodo ECC88.

Strumenti di misura per il laboratorio Alta Fedeltà

Dott. Ing. P. CREMASCHI

Le caratteristiche degli amplificatori ad alta fedeltà sono molte, spesso complesse e di difficile interpretazione. Così un amplificatore ad alta fedeltà deve avere una certa curva di risposta alle frequenze e deve poter dare al carico, collegato con l'uscita, una certa potenza, definita nelle caratteristiche, e certamente variabile con la frequenza. Per questa potenza d'uscita la distorsione armonica totale dovrà essere contenuta entro determinati limiti, probabilmente anch'essi variabili con la frequenza. Altre volte invece di dare la distorsione armonica totale a varie frequenze si preferisce dare la distorsione di intermodulazione che permette, come certamente è ben noto al lettore, di avere un'idea, mediante un unico valore, della distorsione armonica totale su un'estesa banda di frequenze. Un amplificatore audio per alta fedeltà deve avere un rumore di fondo che non superi un determinato valore. Negli amplificatori ad alta fedeltà di classe si deve avere una risposta ai transitori secondo determinate caratteristiche ad esempio esprimibili mediante una distorsione ammissibile in un'onda quadrata avente una determinata frequenza.

Al fine di poter controllare tutte queste caratteristiche è necessaria una attrezzatura di laboratorio che sarà più o meno complessa a seconda del grado di precisione richiesto nelle misure da effettuare. Purtroppo sono passati i tempi nei quali bastava accendere un amplificatore ed ascoltare una riproduzione sonora ad orecchio per giudicarne la sua qualità. A quei tempi le regolazioni si limitavano ai toni ed al volume; oggi i pannelli degli amplificatori ad alta fedeltà sono di una complicazione tale da richiedere un tecnico per poterli manovrare.

In figura 1 è riportato lo schema della disposizione degli strumenti elettronici di misura che devono

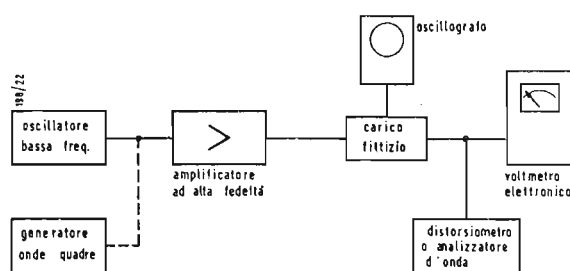



Fig. 1 - Schema a blocchi della disposizione degli strumenti elettronici di misura per effettuare il collaudo di un amplificatore ad alta fedeltà.

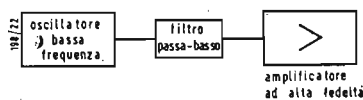



Fig. 2 - Inserzione di un filtro passabasso fra un oscillatore a bassa frequenza e l'amplificatore ad alta fedeltà in prova, alfine di ridurre la distorsione dell'onda sinusoidale generata dall'oscillatore a bassa frequenza.

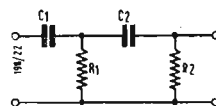



Fig. 3 - Semplice schema di filtro passa-basso, facilmente realizzabile in laboratorio, atto a ridurre a valori ammissibili la distorsione dell'oscillatore a bassa frequenza.

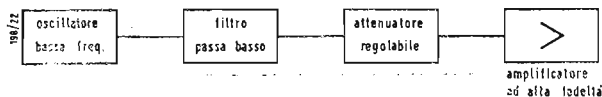



Fig. 4 - Inserzione di un attenuatore regolabile fra il filtro passa-basso e l'amplificatore ad alta fedeltà. In questo modo è possibile avere una tensione alta all'uscita del filtro ed evitare di captare ronzio.

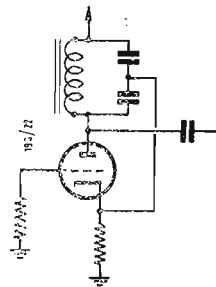
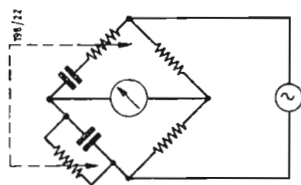



Fig. 5 - Semplice circuito oscillatore.

Fig. 6

Ponte di ien.

Fig. 7

Schema a blocchi di un oscillatore a ponte di Wien (1).

essere usati nelle prove da effettuare sugli amplificatori al alta fedeltà.

Gli strumenti elettronici necessari per effettuare queste prove sono: un oscillatore a bassa frequenza e bassa distorsione, un generatore di onde quadre, un oscillografo, un voltmetro elettronico ed un distorsiometro o meglio un analizzatore d'onda.

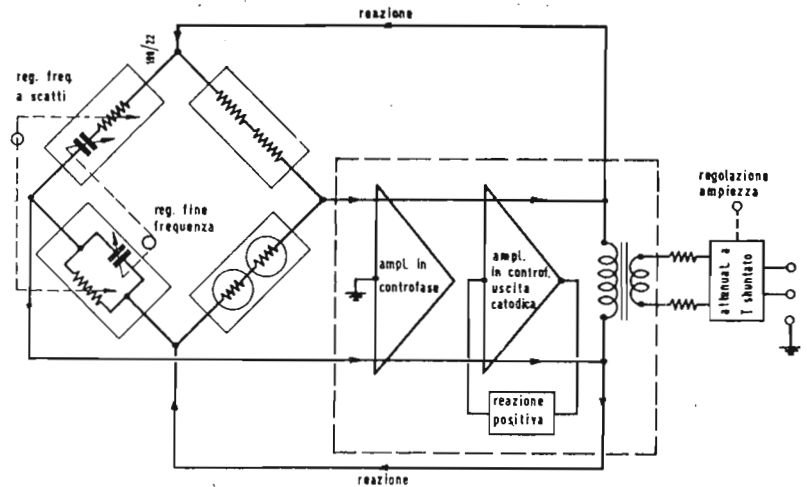
Quanto precedentemente detto riguarda il collaudo per quanto concerne le prestazioni che lo amplificatore può dare. Si osservi però che oltre a queste prove sarà necessario mediante un buon tester, misurare le tensioni e le correnti continue ed alternate caratterizzanti il funzionamento di ciascuno stadio di amplificazione. Mediante questo controllo s a r à possibile vedere se ciascun tubo elettronico o a l t r o componente funzioni nei limiti ammessi o consigliati dal fabbricante. Solo in questo modo sarà possibile avere la certezza che l'amplificatore non solo funzioni bene al momento del collaudo ma anche potrà avere la normale vita degli apparecchi elettronici.

Oscillatore bassa frequenza

Per oscillatore a bassa frequenza si intende un generatore di onde sinusoidali a frequenza variabile almeno entro la gamma acustica. (16 ÷ 16000 Hz per l'orecchio normale medio). L'onda sinusoidale generata dovrà avere una distorsione armonica totale molto bassa, dell'ordine dello 0,1%, ed il rumore di fondo dovrà essere anche più basso della distorsione armonica totale. Il collegamento fra l'oscillatore a bassa frequenza e lo amplificatore dovrà essere realizzato con molta cura al fine di non introdurre ulteriore ronzio nello amplificatore. Per facilitare questo collegamento è preferibile che lo oscillatore a bassa frequenza abbia un'uscita a bassa impedenza. Un valore normale è ad esempio, 600 Ω. Difficile è la realizzazione di un oscillatore avente le sopra menzionate caratteristiche di distorsione con regolazione continua della frequenza entro la gamma acustica. Per realizzare oscillatori a bassa frequenza aventi così basse distorsioni armoniche totali è necessario ricorrere ad oscillatori così detti a frequenze fisse. Generalmente questi oscillatori sono muniti di tasti mediante i quali è possibile scegliere più frequenze entro la gamma acustica.

Una caratteristica essenziale dello oscillatore a bassa frequenza. al fine di rendere semplici le prove su un amplificatore ad alta fedeltà, è quella di avere un'uscita di ampiezza costante al variare delle frequenze o almeno con variazioni trascurabili rispetto alle variazioni ammissibili della curva di risposta dell'amplificatore. In questo modo sarà possibile evitare di collegare un secondo voltmetro elettronico all'uscita dell'oscillatore a bassa frequenza e di dover aggiustare l'uscita dell'oscillatore tutte le volte che si cambiano le frequenze.

Data la difficoltà sopramenzionata di realizzare degli oscillatori a bassa frequenza, con regolazione continua di questa, aventi distorsioni inferiori al 0,1%, è possibile anche impiegare un oscillatore avente distorsioni anche dell'ordine dello 0,5%, assai più facilmente reperibile sul mercato, purchè nelle misure di distorsione si inserisca un filtro passabasso fra lo oscillatore a bassa frequenza e lo amplificatore ad alta fedeltà, come schematicamente rappresentato in figura 2.

Se ad esempio l'oscillatore a bassa frequenza ha una distorsione armonica totale dello 0,5%, sarà più che sufficiente un filtro passabasso che attenui la seconda armonica dell'onda sinusoidale generata dall'oscillatore di circa 12 dB. Un filtro di questo genere può essere facilmente realizzato in laboratorio secondo lo schema riportato in figura 3. Nelle prove di laboratorio si abbia cura di schermare questo filtro al fine di non introdurre nell'amplificatore ad alta fedeltà un ronzio. Più semplicemente conviene adottare la disposizione di fig. 4; in questo modo l'ampiezza della curva sinusoidale generata dallo oscillatore a bassa frequenza potrà essere sufficientemente alta in modo da evitare ogni pericolo di captare ronzio e quindi ogni necessità di schermaggio. Esistono in commercio attenuatori ad impedenza costante con salti di 1 dB e 5 dB che permettono una facile regolazione dell'ampiezza del segnale all'ingresso dell'amplificatore. In generale questi attenuatori non sono conglobati negli oscillatori.

Un oscillatore per generare onde sinusoidali può essere facilmente realizzato anche in laboratorio. Naturalmente questo oscillatore non avrà le caratteristiche di stabilità, di basse distorsioni e non avrà un'estesa gamma di frequenze, come può invece possedere un buon oscillatore di tipo commerciale.

Come certamente a tutti è ben noto, per realizzare un oscillatore è sufficiente un amplificatore con carico anodico costituito da un circuito risonante parallelo e al quale viene applicata una reazione positiva. La reazione positiva può essere, ad esempio applicata con un partitore a condensatori, usufruendo, ad esempio, del medesimo condensatore del circuito risonante parallelo. In figura 5 è riportato uno schema di oscillatore a frequenza fissa basato su questo semplice principio. Il circuito risonante dovrà essere costituito da un'induttanza avente un determinato valore del fattore di merito, per avere basse distorsioni. Un sistema di questo genere risulta però assai poco stabile in quanto il valore della frequenza è legato alla stabilità dei parametri del circuito risonante.

Oscillatori aventi ottime caratteristiche di stabilità possono essere ottenuti applicando ad un ampli-

Fig. 8

Oscillatore a bassa frequenza Mod. 202 CD della Hewlett-Packard.

ficatore una reazione selettiva con le frequenze tale da essere negativa per quasi tutta la gamma di frequenza dell'amplificatore stesso e positiva solo per la frequenza voluta di oscillazione. La rete di reazione selettiva viene, in generale, realizzata mediante un ponte di Wien. Come probabilmente ben noto al lettore, i rami di un ponte di Wien, che è rappresentato in figura 6, sono costituiti da due resistenze e due circuiti RC, rispettivamente uno in serie ed uno in parallelo.
L'ampiezza delle oscillazioni viene limitata non dalle caratteristiche dei tubi elettronici amplificatori, come avveniva nel semplice oscillatore di figura 5, bensì mediante dei resistori non lineari, generalmente costituiti da comuni lampadine a filamento.
In figura 7 è riportato lo schema a blocchi completo di un oscillatore a ponte di Wien (1). Nel circuito dello schema a blocchi di figura 7 l'amplificatore è bilanciato in controfase ed il circuito d'uscita è tale che il carico può essere bilanciato o sbilanciato. Il ponte di Wien che costituisce la rete selettiva, è simmetrico rispetto alla massa. Non essendoci alcun collegamento verso massa dei terminali del ponte, si assicura un'ottima stabilità di taratura, in quanto le capacità parassite, o eventualmente le correnti di dispersione verso massa, non sono in derivazione ai rami del ponte. Come già precedentemente detto, i due rami costituiti da circuito RC permettono di variare entro un campo assai vasto la frequenza di oscillazione. Per piccole variazioni di frequenza si variano con continuità i condensatori, per forti variazioni si variano invece a salti le resistenze. Gli altri due rami costituiscono un divisore di tensione che permette di stabilizzare l'ampiezza delle oscillazioni ad un valore tale da far funzionare i tubi elettronici amplificatori in una regione sufficientemente lineare della loro caratteristica. Questo con la forte controreazione che si ha alle frequenze armoniche superiori della frequenza di oscillazione, produce un'oscillazione sinusoidale priva di distorsione. Il ponte viene alimentato da una tensione bilanciata prelevata dai catodi dell'ultimo stadio di amplificazione in controfase. L'uscita del ponte viene applicata alle due griglie del primo stadio di amplificazione in controfase che prendono il posto dello indicatore di zero di figura 6. Per maggiori dettagli su questo interessante sistema di realizzare oscillatori, si rimanda il lettore alla letteratura sull'argomento non potendo in queste brevi note approfondire la teoria di funzionamento di questo tipo di oscillatori. La reazione positiva applicata allo stadio in controfase, reazione di tipo incrociato, permette di avere un'impedenza di uscita assai vicina allo zero, per quanto riguarda il carico applicato fra i due catodi. In questo modo l'uscita rimane costante al variare del carico; infatti il grado di reazione positiva è una funzione del carico ed aumenta quando il carico diminuisce. Un'opportuna scelta dei componenti permette di evitare le autooscillazioni di questo stadio. Vi sono due resistenze in serie con il secondario del trasformatore d'uscita che permettono di evitare eventuali danni prodotti da un cortocircuito fra i morsetti d'uscita dell'oscillatore. Queste resistenze permettono inoltre di avere un impedenza interna d'uscita di 600 Ω, come vista dal carico.

Fig. 9

Schema semplice di un oscillatore a ponte di Wien.

Fig. 10

Analizzatore d'onda Hewlett-Packard Mod. 300 A.

---

(1) Lo schema a blocchi riportato è quello dell'oscillatore Hewlett - Packard Mod. 202 C

Fig. 11

Misuratore di distorsione e di rumore in fondo Mod. 330 C/D della h-p.

In figura 8 è riportata la fotografia di un oscillatore corrispondente allo schema a blocchi di figura 7. Oscillatori a ponte di Wien, del tipo di quello di figura 7 ma assai più semplici, possono essere realizzati facilmente in laboratorio. Ad esempio in figura 9 è riportato uno di questi schemi con tutti i valori necessari per la sua realizzazione. I vari valori da dare alla resistenza R ed alla capacità C dipendono dalla frequenza e sono definiti dalla semplice relazione: $2\pi fRC = 1$. L'impedenza di carico deve essere di circa 100.000 Ω al fine di non caricare il circuito. La lampadina inserita nel circuito catodico del primo stadio di amplificazione può essere una comune lampadina da 220 V, $2 \div 3$ W.

Apparecchi di misura atti a misurare la distorsione

Al fine di misurare la distorsione armonica totale dell'onda sinusoidale all'uscita o anche all'ingresso dell'amplificatore, al fine di controllare che questo sia completamente privo di distorsioni è possibile impiegare due tipi di strumenti completamente diversi: il primo, quello più complicato e costoso, è l'analizzatore d'onda, il secondo, più semplice e quindi anche di minor costo, è il distorsiometro. Nel seguito verranno descritti sommariamente sia un analizzatore di onda, sia un distorsiometro.
Mediante l'analizzatore d'onda si misurano le ampiezze di tutte le armoniche contenute nell'onda sinusoidale distorta. Dai valori di queste ampiezze è possibile poi, mediante semplici operazioni, risalire al valore percentuale della distorsione armonica totale. Mediante questo strumento di misura è possibile quindi non solo conoscere il valore del coefficiente di distorsione ma anche sapere quali sono le armoniche che provocano questa distorsione e quindi più facilmente sarà possibile modificare, o meglio tarare l'amplificatore in modo da ridurre la loro ampiezza. Ad esempio se uno stadio in controfase produce una seconda armonica di ampiezza notevole, si potrà ricontrollare lo equilibrio dello stadio finale in controfase che, come ben noto, permette di ridurre, in teoria a zero, l'ampiezza delle armoniche di ordine pari. Se invece la distorsione è dovuta principalmente alla terza armonica, non si potrà diminuirla mediante un controllo dell'equilibrio dello stadio finale in controfase, ma si dovrà agire ad esempio sulla controreazione.
In figura 10 è riportato l'analizzatore d'onda della h-p modello 300 A. In figura 11 è riportato il misuratore di distorsione e di rumore di fondo modello 300 C/D della h-p. L'analizzatore d'onda è costituito essenzialmente da un voltmetro selettivo che misura le componenti delle onde complesse. La selettività può essere variata mediante analizzatori selettivi in modo da misurare sia le armoniche vicine fra di loro, sia armoniche aventi frequenze molto diverse. In generale un analizzatore d'onda può misurare componenti aventi frequenze variabili da 30 a 16.000 Hz. E' necessario avere anche diverse scale per la misura della tensione in modo da poter misurare tensioni dell'ordine del millivolt e tensioni dell'ordine di 500 V. Oltre alle applicazioni audio questi analizzatori d'onda vengono impiegati anche nello studio degli alternatori e dei motori funzionanti in corrente alternata, nelle reti di distribuzione dell'energia elettrica, nello studio sulle tensioni indotte nelle linee telefoniche e nella msiura del ronzio nei raddrizzatori. Con questo apparecchio si possono facilmente misurare le varie frequenze che si possono generare in un amplificatore quando all'ingresso vengono applicate due frequenze diverse per fenomeni di intermodulazione dovuti alla non perfetta linearità dell'amplificatore. In figura 12 è riportato uno schema a blocchi mostrante il funzionamento dell'analizzatore d'onda. Sostanzialmente il circuito consiste in un invertitore di fase, un oscillatore locale, un mescolatore bilanciato, un amplificatore selettivo a quattro sezioni e un voltmetro elettronico. Oltre a questi circuiti fondamentali il modello 300 A comprende anche attenuatori d'ingresso come pure un circuito di taratura interna che permette di controllare il guadagno complessivo dello strumento. Nello strumento di figura 11 si hanno due telai e un pannello frontale comune. Il telaio superiore contiene lo amplificatore selettivo e il voltmetro elettronico, gli altri circuiti sono posti nel telaio più basso.
La tensione necessaria per la taratura viene prelevata dalla rete di alimentazione e precisamente dalla tensione a 6,3 V dei filamenti. Mediante un voltmetro è possibile controllare che la tensione d'ingresso sia di 5 V. L'invertitore di fase è costituito da un pentodo collegato a triodo 6SJ7. L'inversione di fase è del tipo a catodina. Il modulatore è costituito da due pentodi 6SJ7 collegati in controfase. Nel circuito catodico di questi due tubi elettronici viene

iniettata la tensione proveniente dall'oscillatore locale. L'oscillatore locale funziona ad una frequenza che è 20.000 Hz più alta della frequenza del segnale d'ingresso. I tubi del modulatore in controfase avranno alla loro uscita un'onda che conterrà sia la frequenza dell'oscillatore locale, sia quella del segnale collegato con l'ingresso, come pure le frequenze somma e differenza di queste. Il trasformatore all'uscita del modulatore è progettato per funzionare a 20.000 Hz, e quindi lascia passare solo la banda laterale inferiore del segnale modulato che è a 20.000 Hz. Questa banda laterale inferiore viene inviata ai successivi amplificatori che sono sintonizzati per amplificare segnali aventi una frequenza di 20.000 Hz. In questo modo qualsiasi parte rimasta del segnale originale d'ingresso, ancora presente all'ingresso di questi amplificatori viene completamente eliminata. Il segnale dell'oscillatore locale viene applicato ai due tubi elettronici del modulatore, con la medesima fase, alle due placche e quindi viene annullato nel primario del trasformatore di uscita del modulatore.

L'oscillatore locale è costituito da un circuito sintonizzato a resistenza e capacità. Vi sono due tubi elettronici ed esattamente un 6J7 ed un 6F6 che sostanzialmente funzionano come un amplificatore di tensione a due stadi. L'uscita del 6F6 è accoppiata con i circuiti di griglia e di catodo del 6J7. L'accoppiamento sul circuito di griglia provoca una reazione positiva che permette di mantenere l'oscillazione, mentre l'accoppiamento sul circuito catodico provoca una reazione negativa che permette di stabilizzare la tensione di uscita dell'oscillatore. La frequenza di oscillazione dell'oscillatore locale può variare solo entro una banda piuttosto ristretta ed esattamente da 20.000 a 36.000 Hz. Entro questa gamma di frequenze la tensione d'uscita è costante. Conseguentemente l'ampiezza del segnale a 20.000 Hz che viene inviato dal modulatore all'amplificatore selettivo dipende dall'ampiezza del segnale d'ingresso. La parte principale e, in generale, di più difficile realizzazione, di questo strumento, è costituita dagli amplificatori selettivi costituiti a loro volta da otto tubi elettronici 6SJ7. Questi tubi elettronici sono accoppiati e in totale gli stadi di amplificazione sono solo quattro. Tutti e quattro gli stadi funzionano al medesimo modo; in conseguenza solo il primo stadio verrà qui trattato.

Nel circuito di griglia vi è una induttanza sintonizzata su 20.000 Hz mediante un condensatore variabile ed uno fisso. Ai due stadi di amplificazione è applicata una reazione positiva ed una reazione negativa. La reazione negativa viene applicata al circuito catodico del primo stadio mentre la reazione positiva viene applicata alla griglia. Quindi mentre la reazione negativa non è variabile con la frequenza, la reazione positiva è massima per 20.000 Hz. Cioè quando l'impedenza del circuito risonante di griglia assume un valore massimo. In questo modo il Q del circuito risonante d'ingresso viene notevolmente aumentato. In fig. 13 viene riportato lo schema di uno di questi tre stadi di amplificazione selettiva costituiti ciascuno da due 6SJ7.

Il circuito voltmetrico è costituito da un amplificatore di tensione di tipo convenzionale. Si hanno due triodi, con accoppiamento resistenza-capacità, del tipo 6SN7GT.

L'uscita di questo amplificatore viene inviata al tubo elettronico 6H6 costituente un circuito raddrizzatore ad onda completa. Il ritorno a massa del circuito raddrizzatore ora descritto, viene effettuato attraverso la resistenza catodica, 3000 ohm, del primo triodo di amplificazione del 6SN7GT. Mediante questo sistema si intro-

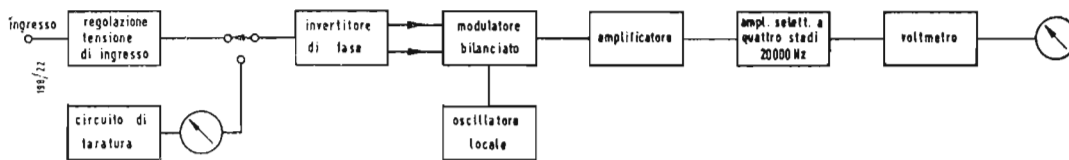



Fig. 12

Schema a blocchi mostrante il funzionamento dell'analizzatore d'onda Mod. 300 A della h-p.

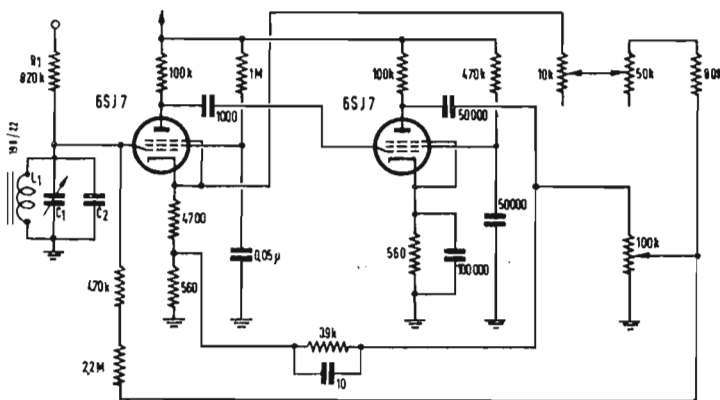



Fig. 13

Circuito completo di uno stadio di amplificazione selettiva dell'analizzatore d'onda Mod. 300 A della h-p (semplificato).

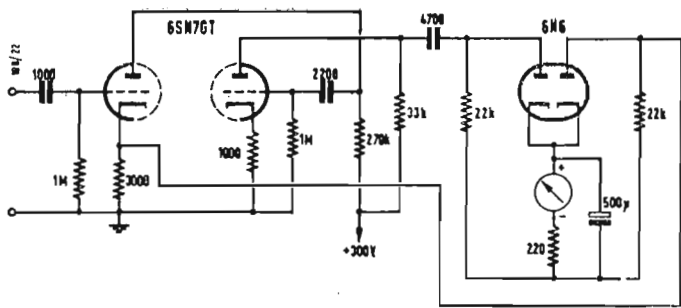



Fig. 14

Schema elettrico completo del circuito voltmetrico dell'analizzatore d'onda Mod. 300 A della h-p.

Fig. 15

Caratteristiche di selettività dell'amplificatore Mod. 300 A della h-p.

Fig. 16

Schema a blocchi del distorsiometro Mod. 300 C della h-p.

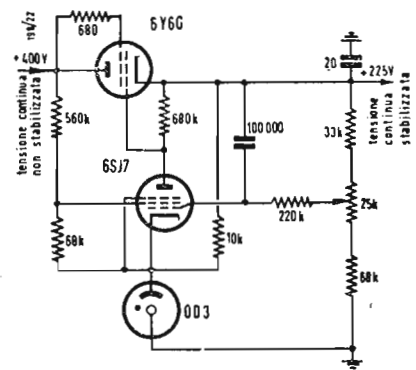



Fig. 17

Schema elettrico completo dello stabilizzatore di tensione del distorsiometro Mod. 300 C della h-p.

Fig. 18

Ponte di Wien usato per l'eliminazione della componente fondamentale dell'onda sinusoidale la cui distorsione deve essere misurata.

duce una reazione negativa che tende a stabilizzare il circuito del voltmetro. In figura 14 è riportato lo schema elettrico completo dello analizzatore d'onda modello 300 A della h-p.

In figura 15 sono riportate le curve di attenuazione degli amplificatori selettivi precedentemente descritti.

Come già precedentemente accennato, altro sistema piuttosto rapido per misurare la distorsione di una onda sinusoidale è quello di misurare direttamente la distorsione, vale a dire quanto rimane della onda in esame dopo aver eliminato l'onda fondamentale, mediante un apparecchio chiamato per lo appunto distorsiometro. In generale questo apparecchio permette anche di effettuare misure di rumore di fondo. In figura 16 è riportato l'analizzatore di distorsione e di rumore fondo modello 330 C della h-p.

Il modello 330 C della h-p permette di misurare la distorsione totale di un'onda la cui frequenza fondamentale può essere compresa da 20 Hz a 20.000 Hz, mediante il sistema precedentemente ricordato dell'eliminazione della fondamentale e della misura, mediante un circuito voltmetrico assai sensibile, della tensione rimasta E' possibile effettuare anche una misura percentuale rispetto all'onda sinusoidale originale. E' possibile quindi effettuare la misura diretta del coefficiente di distorsione in percento. Lo strumento indicatore del circuito voltmetrico dello strumento, possiede le caratteristiche dinamiche dei «VU meter», secondo le norme vigenti per le trasmissioni a modulazione di frequenza. Il circuito voltmetrico può anche essere usato separatamente per misurare tensioni alternate, rumore di fondo, ronzio, potenza d'uscita e guadagno di un amplificatore per una gamma di frequenze variabile da 10 Hz a 60.000 Hz. Quando si effettuano misure di rumore a basso livello, l'amplificatore d'ingresso può essere usato per comandare il circuito voltmetrico al fine di aumentare il livello del segnale di 20 o di 40 dB. Mediante questo amplificatore è possibile effettuare misure di rumori fino a circa 100 μV con una gamma di frequenze però limitata da 10 Hz a 20.000 Hz. In figura 17 è riportato lo schema a blocchi del distorsiometro. La tensione di alimentazione viene stabilizzata mediante uno stabilizzatore elettronico di tensione. In figura 18 è riportato uno schema elettrico semplificato mostrante il funzionamento di uno stabilizzatore elettronico di tensione. Il tubo elettronico OD3, regolatore di tensione, fornisce la tensione di riferimento. Il tubo 6Y6G funziona da resistenza variabile controllato dal 6SJ7. Questa tensione stabilizzata viene fornita all'amplificatore selettivo e al circuito voltmetrico.

L'eliminazione della frequenza fondamentale dell'onda sinusoidale la cui distorsione deve essere misurata, viene effettuata mediante il metodo del ponte di Wien.

In figura 19 è riportato schematicamente il ponte di Wien usato per l'eliminazione della componente fondamentale. Al fine di comprendere come viene eliminata la componente fondamentale di un'onda complessa è necessario un esame del ponte di Wien riportato in figura 19. Il ponte di Wien è inserito sul catodo dell'inseguitore catodico V4, fra i punti di mezzo del ponte di Wien è inserita la griglia e il catodo del tubo elettronico V5. Regolando opportunamente i condensatori variabili ed anche la resistenza variabile, è possibile fare in modo che la tensione fra E_A e massa e la tensione fra E_B e massa siano uguali alla frequenza della fondamentale che si vuole eliminare. In queste condizioni non si ha segnale sulla

Fig. 19

Volmetro elettronico modello 410 B della h-p.

placca di V5. Per le altre frequenze, invece, la tensione fra E_A e massa è maggiore di quella fra E_B e massa e quindi il tubo elettronico V5 funziona da amplificatore. Al fine di rendere più ripida la caratteristica di eliminazione di questo filtro a ponte di Wien e di rendere più piatta la risposta alle frequenze nelle bande occupate dalle armoniche, viene applicata una reazione negativa dall'uscita del ponte di Wien, o meglio dallo amplificatore che segue il ponte di Wien, al catodo del primo stadio del preamplificatore.

Strumenti per la misura delle tensioni

Per la misura delle tensioni alternate all'ingresso, all'uscita e nei vari stadi intermedi di un amplificatore ad alta fedeltà, è necessario avere a disposizione un volmetro elettronico. Il voltmetro deve essere elettronico al fine di poter avere un'elevata impedenza di ingresso e non caricare il circuito.

Si osservi a questo proposito, che ciò ha un'importanza specialmente per le misure da effettuare all'ingresso dell'amplificatore ad alta fedeltà o nei vari stadi intermedi.

Per misurare invece la tensione all'uscita dell'amplificatore, può essere impiegato anche un voltmetro non elettronico in quanto la resistenza di carico è sempre molto bassa, dell'ordine dei 5 ÷ 20 Ω.

Quindi per determinare la curva di risposta di un amplificatore, ammesso che la tensione d'ingresso sia costante o variabile secondo una determinata legge, come quando si usa un disco di frequenze, è possibile, quindi, usare anche un semplice voltmetro non elettronico, che funzioni in corrente alternata. E' necessario, però, che la risposta del voltmetro non elettronico impiegato arrivi fino alla massima frequenza audio. In generale i voltmetri non elettronici alle basse frequenze forniscono sempre un'indicazione sufficientemente approssimativa.

Nel seguito si descrive brevemente un voltmetro elettronico di tipo professionale.

In fig. 20 è riportato il voltmetro elettronico Mod. 410 B della h-p.

Questo strumento permette di misurare le ampiezze delle tensioni alternative e continue e i valori delle resistenze. L'apparecchio è sostanzialmente costituito da un amplificatore in continua di tipo differenziale. L'uscita dell'amplificatore alimenta un ponte bilanciato che ha uno strumento di misura collegato fra i suoi punti centrali.

Nel caso della misura delle tensioni continue, queste vengono inviate direttamente all'ingresso dell'amplificatore in continua, mentre nel caso della misura delle tensioni alternative, queste vengono prima fatte passare attraverso uno speciale circuito raddrizzatore a larga banda. L'uscita del raddrizzatore viene poi collegata con l'ingresso dell'amplificatore in continua.

Per misurare le resistenze, una tensione continua dall'alimentazione dell'apparecchio viene applicata alla resistenza da misurare attraverso una grande resistenza. In questo modo si ha un alimentatore a corrente praticamente costante. Il rapporto fra la tensione che si ha agli estremi della resistenza incognita e la tensione interna dell'apparecchio, dipende dal valore della resistenza incognita, o meglio dal rapporto fra la resistenza incognita e la resistenza di elevato valore, precedentemente menzionata. La tensione che si ha agli estremi della resistenza incognita viene quindi applicata all'ingresso dell'amplificatore differenziale e quindi l'ampiezza della deflessione dell'indice dello strumento dipende dal valore della resistenza incognita.

In fig. 21 è riportato lo schema elettrico semplificato dell'amplificatore in corrente continua e del ponte bilanciato.

Misura dell'intermodulazione

In fig. 22 è riportato uno schema mostrante la disposizione degli strumenti per eseguire una misura di intermodulazione. Come già precedentemente detto, se due onde sinusoidali separate vengono simultaneamente applicate all'ingresso di un amplificatore, ciascuna di queste uscirà dall'amplificatore senza essere in alcun modo alterata dalla presenza dell'altra onda sinusoidale nel caso che l'amplificatore sia lineare. Nel caso vi sia della non linearità, un segnale

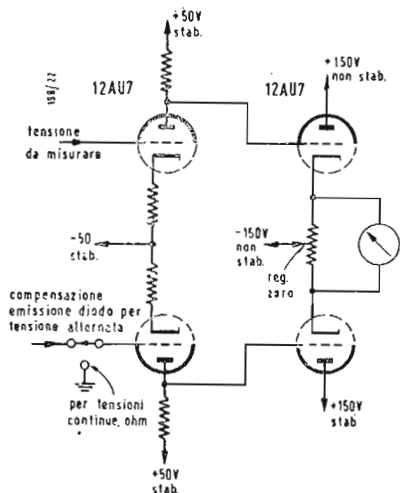



Fig. 20

Schema elettrico semplificato dell'amplificatore in corrente continua e del ponte bilanciato.

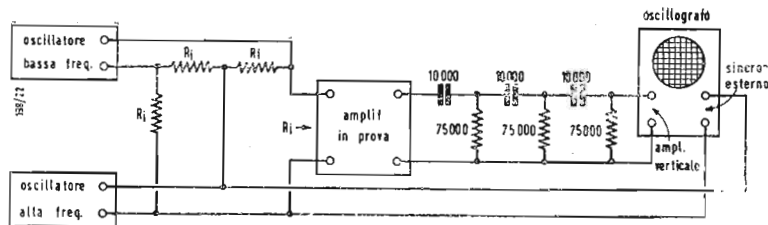



Fig. 21

Schema a blocchi mostrante la disposizione degli strumenti per eseguire una misura di intermodulazione.

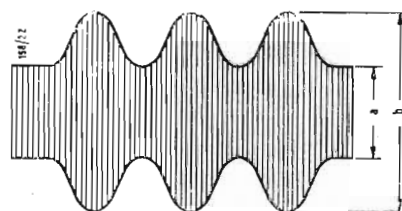



Fig. 22

Segnale ad alta frequenza modulato in ampiezza dal segnale a bassa frequenza.

verrà modulato in ampiezza dall'altro segnale. Si può poi misurare la percentuale di modulazione presente nell'amplificatore. Ad esempio è usuale, in misure di questo genere, applicare all'ingresso dell'amplificatore un segnale a bassa frequenza, ad esempio 60 Hz, o 50 Hz se si vuole sfruttare la frequenza di rete, e un segnale ad alta frequenza, ad esempio 3000 Hz.

In fig. 23 è riportato l'andamento dell'onda sinusoidale ad alta frequenza, modulata da quella a bassa frequenza. Con riferimento alla figura, la percentuale di modulazione in ampiezza, come ben noto è data da:

$$m = \frac{100\,(b - a)}{a}$$

dove:

m = percentuale di modulazione.

Vi sono in commercio degli strumenti che misurano direttamente la percentuale di intermodulazione. L'uscita dell'amplificatore in prova viene collegata all'ingresso dello strumento, che è sostanzialmente un misuratore di modulazione, analogo a quelli usati per la misura della percentuale di modulazione nei trasmettitori a modulazione d'ampiezza.

Conclusioni

In questo articolo si sono brevemente descritti i principali strumenti elettronici che dovrebbero trovarsi in un laboratorio per la taratura degli amplificatori ad alta fedeltà. Naturalmente gli strumenti richiesti risultano tanto più complessi e numerosi quanto maggiore è la precisione che si richiede nelle misure da effettuare. Un piccolo laboratorio per alta fedeltà potrà in un primo tempo accontentarsi di un buon tester, che funzioni bene anche per le frequenze alte, di un oscillografo, e di un generatore di frequenza, anche costruito nel laboratorio stesso, secondo quanto riportato in questo articolo. Per la misura delle distorsioni, contenute nell'onda sinusoidale, si potrà ricorrere alla sola osservazione dell'onda sinusoidale all'oscillografo. In generale anche ad un occhio esperto non è possibile rilevare all'oscillografo distorsioni inferiori al 2 ÷ 3%, mentre le richieste dell'alta fedeltà sono ben superiori. L'osservazione oscillografica potrà indicare semplicemente che nell'amplificatore non c'è un grosso guaio. Si può accertare se in un amplificatore ad alta fedeltà le distorsioni sono molto basse, con un metodo assai semplice e del tutto empirico, che però permette di avere ottimi risultati. Si misuri il grado di controreazione dell'amplificatore misurando la tensione d'uscita in presenza ed in assenza di controreazione e facendo il rapporto fra le due tensioni misurate.

Attenzione ad entrare con un segnale basso nell'amplificatore quando si toglie la reazione negativa, al fine di non avere una tensione d'uscita troppo alta. Si osservi, all'oscillografo, la tensione d'uscita in assenza di controreazione. Se questa tensione d'uscita all'oscillografo risulta non distorta, si può essere sicuri che la sua distorsione è inferiore al 3%. Approssimativamente, applicando la reazione negativa, la distorsione viene ridotta nel medesimo rapporto con cui viene ridotta la tensione d'uscita applicando la reazione negativa. Se, ad esempio, la tensione d'uscita, applicando la reazione negativa, viene ridotta a 1/5 (14 dB di controreazione) si potrà essere sicuri che la distorsione dell'onda sinusoidale, in presenza di reazione negativa, è certamente inferiore all'1%.

In un secondo tempo, quando le esigenze del laboratorio di alta fedeltà aumenteranno, strumenti elettronici aventi caratteristiche simili a quelli descritti in questo articolo dovranno necessariamente essere presenti nel laboratorio. Nel caso si voglia giungere ad avere un'attrezzatura completa di laboratorio, sarà necessario avere a disposizione anche un laboratorio di acustica per effettuare le prove sugli altoparlanti. Queste prove si rendono oggi assolutamente necessarie a causa dell'avvento della stereofonia, che richiede altoparlanti bilanciati fra di loro. Non è possibile parlare anche di questa attrezzatura in questo articolo riservato esclusivamente agli strumenti elettronici per il controllo della parte amplificazione nell'impianto ad alta fedeltà. ■

La rigidità dei diaframmi degli altoparlanti, vantaggi della costruzione a sandwich

di D. A. Barlow
da Wireless World Vol. 64
a cura del Dott. Ing. G. BALDAN

E' noto che il diaframma degli altoparlanti a bobina mobile, nelle normali condizioni di uso, è tutt'altro che rigido. La teoria degli altoparlanti ad irradiazione diretta suppone però che il cono sia un pistone perfettamente rigido; in queste condizioni la curva di risposta, dovrebbe essere piatta da dopo la risonanza in bassa frequenza fino ad un certo punto oltre il quale comincia a diminuire lentamente fino a raggiungere una pendenza costante di 6 dB per ottava (fig. 1). Nella realtà anche la curva del migliore altoparlante assomiglia di più ad una catena di montagne. E' noto infatti che alle basse frequenze al di sopra della risonanza principale il cono si comporta effettivamente come un pistone rigido, ma dopo qualche centinaio di Hz si ha una discontinuità ed il cono inizia a risuonare in modi diversi dando distorsioni, risposte confuse, effetti di sfasamento, ecc. Per questa ragione ciascun altoparlante ha la propria caratteristica di tono. Inoltre anche la risposta ai transitori non è molto fedele. Delle esperienze hanno dimostrato che si ha un suono considerevole anche dopo 20 msec dalla cessazione del segnale e che nei casi peggiori si può avere in corrispondenza dei punti di risonanza anche un temporaneo aumento dell'intensità. Non si può irrigidire il cono aumentando il suo peso perchè ciò andrebbe a scapito del rendimento e della risposta agli alti. Per ridurre gli effetti delle risonanze suddette si sono ideati diversi sistemi: tamponi di feltro, gommapiuma, ecc. Altri sistemi usano delle nervature di irrigidimento, che però di solito non riescono ad eliminare l'inconveniente o introducono altre risonanze. I coni in carta soffice con un elevato attrito interno sono preferiti a quelli in carta rigida perchè attenuano meglio le risonanze anche se si perde un poco nella risposta degli alti.

Risposta agli alti.

Il rendimento di un altoparlante a radiazione diretta, supposto il diaframma rigido, è dato da:

$$\mu = \frac{B^2\, r_{ma}\, m_1}{\varrho\, K_r\, (X_{ma} + X_{mc})^2 \cdot 10^3} \cdot 100\ \%$$

dove:
B = densità di flusso in gauss;
m_1 = massa della bobina mobile in g;
ϱ = densità del materiale della bobina mobile in g/cm³;
K_r = resistenza specifica del materiale della bobina mobile in $\mu\Omega/cm^3$;
r_{ma} = resistenza meccanica dovuta all'aria in ohm meccanici;
X_{ma} = reattanza meccanica dovuta all'aria in ohm meccanici;
X_{mc} = reattanza meccanica del sistema mobile in ohm meccanici = $2\pi m_t f$;
m_t = massa totale in g;
f = frequenza in Hz.
Si suppone che la resistenza meccanica del diaframma sia trascurabile e che « r_{ma} » sia piccola rispetto a « X_{ma} » e « X_{mc} ».
Per una data dimensione del diaframma i valori di « r_{ma} » e « X_{ma} » sono fissi per ogni frequenza in modo che la curva di risposta dipende solo da « X_{mc} », cioè dalla massa mobile totale; l'efficienza dipende invece dalla densità del flusso, dalla massa e dal materiale della bobina mobile e dalla massa mobile totale. Per gli altoparlanti di tipo normale, per esempio da 8 o da 12 pollici, la curva di risposta inizia a decrescere oltre 1-2 kHz, supposto però il cono rigido. In pratica, a causa delle risonanze, si ha una curva di risposta molto superiore alla teorica, in modo che gli altoparlanti commerciali hanno una efficienza ammissibile e la mancanza di rigidità non è poi un male così grave. Se però si parla di alta fedeltà, un altoparlante si deve giudicare in base alla sua attenuazione negli alti e non viceversa.

Fig. 1
Rendimento di un altoparlante a bobina mobile in funzione della frequenza.

E' noto che altoparlanti, più che sufficienti per riprodurre le basse frequenze, non sono invece adatti a riprodurre le alte; sono stati quindi studiati diversi mezzi per aumentarle. Uno dei più usati è il cono di Voigt e le sue variazioni. Esso è costituito da un piccolo cono fissato al centro del cono principale. Se questo fosse rigido il cono piccolo non servirebbe ad altro che ad aumentare il suo peso e sarebbe sconsigliabile. In pratica invece il cono principale non è rigido; oppure si introduce volutamente una certa libertà fra i due coni, in modo che alle alte frequenze la bobina mobile e il cono piccolo possano muoversi indipendentemente da quello principale funzionando come un altoparlante per le alte frequenze. In un'altra realizzazione il cono piccolo è collegato con il suo orlo esterno all'orlo interno di un cono principale, naturalmente con una certa libertà. Si ottiene così un cono composto nel quale la risonanza principale si ha ad una frequenza sufficientemente bassa perchè dipende dalla massa totale e dalla cedevolezza della sospensione principale. Tuttavia è evidente che la massa del cono piccolo più quella della bobina risuoneranno con la cedevolezza del fissaggio del cono principale e questa risonanza cadrà sicuramente nel campo fonico. Il cono di Voigt è stato usato all'ini-

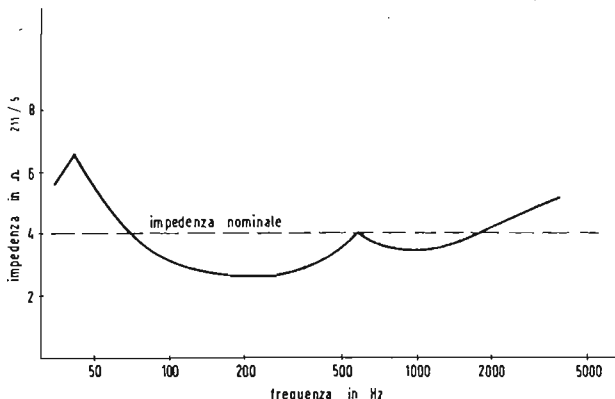



Fig. 2
Curva di impedenza di un altoparlante a cono composto.

zio solo per altoparlanti caricati con una tromba, nei quali la risonanza è molto meno avvertibile che negli altoparlanti a radiazione diretta.

Ricordiamo a titolo di esempio della risonanza del cono di Voigt che in un altoparlante « alta fedeltà » da 10 pollici a cono completo si avevano dei risultati soddisfacenti con quasi tutti gli strumenti musicali, però con il piano si otteneva un intollerabile effetto di eco, anche se era contenuto entro una stretta banda di due semitoni. Una misura dell'impedenza ha dato i risultati illustrati nella fig. 2. Nonostante l'uso di un amplificatore con piccola impedenza di uscita e nonostante lo smorzamento magnetico ottenuto con un corpo di bobina in alluminio si aveva sempre una risonanza troppo forte a 600 Hz. Volendo si sarebbe potuto, modificando la costruzione, portare la risonanza a frequenze più alte e introdurre uno smorzamento meccanico, però l'obiezione principale rimane. Le nervature circonferenziali e i duomi centrali sono altri artifizi che hanno gli stessi effetti e che sono soggetti alle stesse critiche. Questo principio può essere esteso provvedendo una certa libertà nel supporto della bobina che prende la forma di una manica di gomma e di un corpo di alluminio; si ottiene così un disaccoppiamento alle alte frequenze fra la bobina ed il corpo. Si ha anche qui una risonanza, anche se attenuata dall'alto smorzamento.

Alcuni costruttori preferiscono invece usare due altoparlanti separati per gli alti ed i bassi con un filtro di separazione elettrico.

Questo metodo ha il vantaggio che la risonanza dell'altoparlante degli alti può essere posta molto al di sotto della frequenza di « cross-over ». E analogamente anche l'altoparlante coassiale con il « cross-over » elettrico, che usa o un altoparlante separato per gli alti, oppure un altoparlante caricato con una tromba, non è soggetto alla critica del cono di Voigt.

I risultati scadenti ottenuti con la maggior parte degli altoparlanti convenzionali sono dimostrati anche dalla esperienza della BBC. Infatti fra tutti gli altoparlanti invitati per essere sottoposti a prove di registrazione ne sono stati accettati solo tre tipi.

Due erano dello stesso costruttore ed erano due altoparlanti a cono semplice di vecchio tipo, con risposta agli alti limitata, il terzo era invece un altoparlante a larga banda; e quella è stata la prima occasione in cui un altoparlante di questo tipo è stato riconosciuto ufficialmente accettabile. Molti degli artifici usati per allargare la banda introducono degli inconvenienti che non sono compensati dall'allargamento ottenuto.

Gli scarsi risultati ottenuti finora con gli altoparlanti a radiazione diretta hanno recentemente stimolato l'interesse per altri tipi di trasduttori come gli altoparlanti a nastro, gli elettrostatici, lo Jonophone e quelli ad effetto corona. In tutti questi nuovi altoparlanti la forza attiva agisce su tutta la superficie del diaframma, sia esso metallo, plastica o gas. Tuttavia se si riuscirà a costruire un diaframma più rigido, le sue caratteristiche potranno essere paragonabili a quelle di questi o di altri sistemi.

Rigidità del diaframma.

La flessione del diaframma in un punto qualsiasi e con un certo carico è proporzionale a:

$$(1 - \mu^2)/E\,t^3$$

dove:
μ = rapporto di Poisson;
E = modulo di elasticità alla flessione;
t = spessore.

La relazione precedente vale per qualsiasi forma del diaframma e del fissaggio dell'orlo con due sole eccezioni che difficilmente si possono verificare in pratica. In un diagramma molto sottile con orlo incastrato la deflessione dipende quasi esclusivamente dalla tensione che si ha al centro piuttosto che dalla flessione, invece in un diaframma molto spesso la deflessione dovuto alla flessione diventa piccolo rispetto a quella dovuto al taglio. L'effetto della variazione di μ^2 da un materiale all'altro è così piccolo che può essere trascurato e noi potremo dire che la rigidità di un diagramma, di determinate dimensioni, forme e attacco dell'orlo, è proporzionale a $E\,t^3$ e che materiali diversi possono essere confrontati in base a questo prodotto. Se il peso del diaframma è fissato da altre considerazioni si ha che lo spessore è proporzionale all'inverso della densità e che quindi la rigidità è proporzionale al modulo di elasticità/(densità)^3. Poichè non abbiamo trovato dei valori per la carta usata per i coni, abbiamo dovuto fare delle prove di flessione e di misura della densità con dei campioni di carta prelevati da un altoparlante di una piccola radio portatile e dall'altoparlante ad « alta fedeltà » prima ricordato. La tavola 1, dà i valori del modulo e della densità di un gruppo di materiali. Si vede subito che per un peso fissato la carta soffice è più rigida della carta dura, in modo che non c'è alcuna ragione di costruire coni con carta dura, a parte gli altri svantaggi che essi possono portare. Inoltre anche la carta impregnata con resine che è sicuramente più dura, è nonostante tutto meno rigida. Anche l'uso delle plastiche o dei metalli (a parte il berillio) è poco vantaggioso. I materiali migliori sono quelli a bassa densità, nonostante il modulo di elasticità più elevato. L'ebanite espansa che a parità di peso ha una rigidità circa doppia di quella della carta soffice è sul mercato già da una ventina d'anni, invece il polistirene espanso che ha una densità di soli 9016 g/cm^3 = 1 lb/piede^3 è un prodotto più nuovo, usato soprattutto per isolamenti termici ed avente un costo relativamente basso. Questi due materiali espansi sono formati da pori non intercomunicanti in modo che l'assorbimento di acqua è minimo.

Il polistirene espanso è un materiale molto debole, avendo una resistenza alla compressione di sole 10 libbre per pollice quadro, ma ciò può essere sufficiente per la costruzione di un cono che deve essere trattato sempre con delicatezza. Questo materiale è circa 60 volte più rigido della carta soffice. Le resine fenoliche espanse possono avere una densità ancora minore e quindi anche una rigidità maggiore, pensiamo però che non sia per ora facile trovarle sul mercato europeo. D'altra parte esiste un sistema forse più semplice per aumentare la rigidità alla flessione.

Costruzione a sandwich.

Nella flessione la massima sollecitazione si ha sulle superfici esterne, quindi se si concentra un materiale resistente sulle superfici esterne e si riempie il nucleo interno con un materiale leggero si ottiene una rigidità molto superiore a quella raggiungibile con i due materiali separati sempre a parità di peso totale. Questa forma costruttiva detta a sandwich è sempre più impiegata in aviazione, nel qual caso essa assume la forma di due pareti metalliche separate da uno strato di carta a nido d'ape metallizzata o impregnata con resina (fig. 3).

Il nido d'ape possiede le caratteristiche desiderate di un alto rapporto rigidità/peso e di un'alta resistenza alla compressione trasversale ed è più leggero delle resine espanse di pari resistenza.

Negli altoparlanti sarebbe difficile costruire un'anima a nido d'ape e, poichè la resistenza richiesta è minima il materiale attualmente più adatto è il polistirene espanso. Per le superfici il materiale deve avere un alto rapporto modulo/densità ed il più conveniente è l'alluminio.

Anche le proporzioni del sondwich sono importanti e difatti esiste un rapporto ottimo fra lo spessore delle superfici e dell'anima che dà la massima rigidità per un dato peso. Le equazioni della rigidità alla flessione sono state formulate in modo adatto da de Bruyne:

Rigidità alla flessione di una lista di sandwich larga 1 pollice:

$$= \frac{E_s}{12}\left[(2s+a)^3 - \frac{(E_s - E_a)\,a^3}{E_s}\right]$$

$$s_{opt} = w\left[\frac{\sqrt{g}-1}{2k+2e\,(\sqrt{g}-1)}\right]$$

$$a_{opt} = \frac{w - 2e\,s_{opt}}{k}$$

$$\frac{a_{opt}}{s_{opt}} = \frac{2}{\sqrt{g}-1}$$

$$g = \frac{1 - E_a/E_s}{1 - k/e}$$

$$w = 2es + ka$$

Rigidità alla flessione di una lista di materiale solido larga 1 pollice:

$$\frac{E\,t^3}{12}$$

dove:

a = spessore dell'anima in pollici; s = spessore della superficie in pollici; E_a = modulo dell'anima in lb/pollici^2; E_s = modulo della superficie in lb/pollici^2; t = spessore del materiale solido in pollici; E = modulo del materiale solido in lb/pollici^2; w = peso in lb di 1 pollice^2 di sandwich; k = peso in lb di 1 pollice^2 di anima; e = peso in lb di 1 pollice^2 di superficie.

La carta soffice di un cono da 10 g, 8 pollici e 95°, dello spessore di 0,022 pollici ha una rigidità 300 volte inferiore a quella di un cono analogo in sandwich con anima in polistirene espanso dello spessore di 0,37 pollici e superfici in fogli di alluminio dello spessore di 0,00054 pollici; se si potesse usare praticamente il berilio si potrebbe ottenere facilmente una rigidità 150.000 superiore.

La rigidità del sandwich è così elevata che si può dare al diaframma una forma piana, semplificando la costruzione ed ottenendo un fronte d'onda piano. Invece con la carta è necessaria la forma a cono per ottenere la rigidità necessaria. E' difficile calcolare la deflessione di un cono; però delle prove di carico eseguite su un cono di carta a 95° (che è presumibilmente il più rigido usato in pratica) hanno permesso di dedurre che la rigidità media del cono è circa 140 volte quella di un disco piatto dello stesso diametro e dello stesso spessore. Poichè il cono ha una superficie maggiore, il disco può essere fatto con uno spessore 1,36 volte maggiore per avere lo stesso peso quindi la maggiore rigidità del cono rispetto al disco e uguale a solo $140/1{,}36^2 = 56$ volte. Un disco da 10 g con uno spessore dell'anima di 0,5 pollici e delle superfici di 0,00073 pollici avrà una rigidità 53 volte superiore a quella del migliore cono da 10 g. Ciò significa che l'ampiezza di qualsiasi risonanza sarà 36 volte al disotto di quella dell'altoparlante convenzionale.

Poichè i difetti della risposta ai transitori dipendono quasi esclusivamente dalla risonanza del cono, si può dire che l'uscita dopo la cessazione del segnale di prova sarà circa 15 dB migliore di quella di un altoparlante elettrostatico; per un altoparlante con diagramma a sandwich il livello di «hangover» sarà 30 dB al di sotto di quello di un altoparlante elettrostatico. In pratica però il moglioramento sarà minore di quello teorico perchè nel cono normale lo attrito dell'aria procura sempre un certo smorzamento.

Come ottenere la massima rigidità.

Un ulteriore aumento della rigidità del diaframma può essere ottenuto con una appropriata forma costruttiva. Nell'altoparlante convenzionale il cono viene comandato in corrispondenza del proprio apice, in modo che la parte esterna del cono è libera di vibrare (fig. 4 a). Se la forza di comando venisse applicata su un anello più largo (fig. 4 b) gli orli potrebbero vibrare in modo molto più limitato (probabilmente 1/8). Portando all'estremo questa idea si vede che il migliore altoparlante dovrebbe essere formato da uno stretto anello di diametro elevato (fig. 4 c). I diaframmi anulari stretti sono già stati usati in altoparlanti a tromba, però non per aumentare la rigidità del diagramma ma per eliminare le differenze di fase nella camera. Tuttavia esiste anche una limitazione all'aumento del diametro della bobina mobile, perchè oltre un certo valore non si utilizza completamente il flusso magnetico. Per riprodurre i bassi ci vuole una grande ampiezza e la bobina deve essere assialmente più lunga dell'interferro; e poichè questa lunghezza è fissata, per aumentare il diametro della bobina occorre ridurre il numero di strati di filo o il diametro del filo stesso. Il gioco minimo è fissato, quindi una bobina ad un solo strato ha bisogno di uno spessore totale di 0,01 pollici di gioco + 0,01 pollici per il filo + 0,01 pollici per il corpo + 0,01 pollici per il gioco e utilizza solo il 25 % del flusso, invece una bobina con tre strati arriva ad una utilizzazione del 50 %. Inoltre è senz'altro più difficile costruire una bobina di grande diametro che una di piccolo. Ma nonostante tutto esistono degli altoparlanti che hanno la bobina mobile con un diametro di circa 4 pollici e fra questi un altro altoparlante di costruzione americana che usa un magnete ad anello (fig. 4 d).

Un'altra possibilità di miglioramento è costituita dalla variazione dello spessore del sandwich in funzione della sollecitazione, con ciò si ottiene la migliore uti-

Fig. 3

Costruzione a sandwich con alto rapporto rigidità/peso.

lizzazione del materiale impiegato. Il momento flettente è massimo in corrispondenza della bobina mobile quindi è in questo punto che si dovrebbe avere il massimo spessore. Tuttavia anche l'orlo tende a vibrare perchè in esso sono presenti altre sollecitazioni. Probabilmente potrebbe essere interessante calcolare matematicamente il profilo ottimo, pensiamo però che esso si avvicinerebbe molto allo spessore uniforme.

Un altro sistema per aumentare la rigidità di un materiale derivato da quello della ondulazione è l'increspamento. E' noto infatti che l'ondulazione aumenta la rigidità in senso longitudinale a spese di quella in senso verticale. Invece una carta increspata come quella usata per il trasporto delle uova, aumenta la rigidità in tutti i sensi. Un cono in carta increspata non raggiunge la rigidità di un sandwich però è un miglioramento molto utile e molto facile da ottenere.

La rigidità di un diaframma a sandwich è così alta che se si vogliono sfruttare tutti i suoi vantaggi si deve aumentare anche la rigidità del corpo di bobina. Esso deve essere il più corto possibile e la parte che sporge oltre l'interferro può essere tappata con del polistirene espanso per evitare la tendenza allo sfondamento. Bisognerà naturalmente lasciare nel tappo dei fori che servano per il passaggio dei calibri durante il centraggio. L'aumento dello spessore del corpo di bobina fa aumentare naturalmente anche le dimensioni del magnete permanente. Il sistema migliore per aumentare la rigidità senza aumentare anche lo spessore è quello di avvolgere un tubo in foglio di alluminio o di rame, fissato ed isolato con resina speciale. Si otterrà così una bobina più corpo di bobina combinato che sarà senz'altro più rigida di una costruita con filo quadro o piattina. Il diaframma può

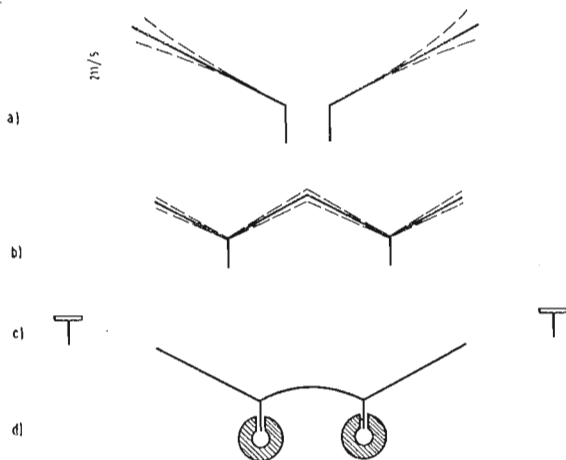



Fig. 4
Varie forme di diaframmi.

essere incollato direttamente alla bobina a foglio. La sua impedenza può essere bassa e può perciò essere necessario un traslatore ausiliario per l'adattamento. La parte di foglio che resta al di fuori del flusso agisce come una resistenza in parallelo al contrario di quello che succede con le bobine normali nelle quali le spire che si trovano fuori del flusso agiscono come resistenze in serie. L'effetto di una resistenza in parallelo è quello di cortocircuitare di più la parte attiva all'aumentare della frequenza, per il fatto che aumenta l'impedenza della parte attiva. Ciò non può essere grave in un altoparlante per i bassi e non avrà un effetto sensibile in quegli altoparlanti che sono provvisti di corpi di bobina metallici o di anelli di cortocircuito sulle espansioni polari, infatti il minor aumento di impedenza attribuito a questi altoparlanti può essere dovuto proprio al cortocircuito della bobina mobile.

Proposte per la costruzione di sistemi di altoparlanti a sandwich.

Abbiamo visto che la curva di risposta di un **woofer** a diaframma rigido da 8-12 pollici comincia a decrescere a 1-2 kHz. Per delle potenze fino a 1 kHz un altoparlante da 2 pollici è la minima dimensione praticamente possibile ed esso comincerà a calare verso i 7 kHz; per ottenere gli alti fino a 15 kHz si può usare un **tweeter** da 1 pollice.

Il woofer (fig. 5) sarà costituito da un diaframma anulare piatto avente un diametro di 8 pollici e costituito da due fogli di alluminio (0,001 pollici) incollati ad un nucleo di polistirene espanso (0,67 pollici). La bobina mobile sarà costruita con 2 g. di rame ed avrà un diametro di 6 pollici. Il diaframma sarà fissato unicamente ad un piatto centrale saldato al corpo della bobina. Se è necessario si può disporre all'intorno un rivestimento lasco in tessuto per ridurre le dispersioni di aria. Può essere conveniente anche montare un piatto anteriore identico a quello posteriore per ridurre la sollecitazione del diaframma che in posizione verticale (come si trova effettivamente) tende a cadere per il proprio peso. Si può eliminare uno dei due piatti se quello che resta viene montato in corrispondenza del baricentro della parte mobile. Con una induzione di 10.000 gauss ed una massa totale di 16 g. si avrà un rendimento di circa il 2 % ed una diminuzione di circa 3 dB a 1,5 kHz.

Non c'è nessun mezzo per aumentare in modo apprezzabile la risposta agli alti. Se si sostituisce l'alluminio con un foglio di rame, a parità di peso, si ha che ϱK_r è dimezzato ed il rendimento raddoppiato, ma la curva di risposta rimane la stessa. Il volume dell'alluminio è circa tre volte quello del rame e ci vorrà quindi un magnete circa tre volte più grosso per mantenere la stessa induzione magnetica; in molti casi sarà quindi conveniente riservare il magnete più grosso per aumentare l'induzione e mantenere la bobina in rame. Se invece si sostituisce l'alluminio al rame a parità di volume, si ha una massa della bobina che è circa $1/3$ e ϱK_r diventa la metà, in modo che il rendimento è solo $2/3$ di quello che si ha con la bobina di rame e lo stesso magnete; la risposta agli alti aumenta un pochino a causa della leggera diminuzione del peso totale. Non c'è quindi alcun vantaggio nell'uso dell'alluminio per le bobine degli altoparlanti a diaframma rigido. La ragione per la quale le bobine in alluminio aumentano molto la risposta agli alti negli altoparlanti normali è da ricercarsi nel fatto che gli alti vengono irradiati quasi esclusivamente dall'apice del cono, quindi in questo caso la bobina mobile alle alte frequenze è relativamente leggera rispetto alla massa effettiva di tutto il cono. Quindi qualsiasi riduzione della massa della bobina riduce in modo apprezzabile la massa effettivamente mobile alle alte frequenze e ritarda la diminuzione della curva di risposta. Questo principio si applica anche ai piccoli altoparlanti nei quali la massa della bobina è una buona parte della massa mobile totale.

Le superfici dell'altoparlante proposto pesano circa 3,5 g., l'anima circa 6,5 g. Poichè le pellicole sono così sottili, acquista importanza lo strato di colla, anche perchè esso concorre ad aumentare la rigidità. Si potrà quindi tentare di usare una pellicola più sottile usando uno strato di colla il più sottile possibile. Tuttavia se si vuole ottenere tutta la rigidità calcolata si deve avere una adesione perfetta su tutta la superficie fra le pellicole e l'anima. Una prova eseguita su un sandwich costruito con delle pellicole molto sottili ma che non avevano perfettamente aderito, ha dato come risultato un modulo pari ad $1/8$ di quello calcolato; tuttavia anche questo sandwich era 750 volte più rigido di una carta per coni dello stesso peso. Si può fare a meno dei fogli di alluminio se si provvede a laccare le superfici dell'anima con una vernice dello spessore di 0,002 pollici, oppure se durante lo stampaggio si ottiene la formazione di una pellicola continua che si forma automaticamente nella preparazione dell'ebanite espansa. Sfortunatamente poichè il rapporto fra il modulo di elasticità e la densità è molto basso nelle sostanze plastiche espanse si ottiene alla fine una rigidità totale che è solo circa $1/8$ di quella del sandwich con superfici in alluminio. Un metodo per eliminare il peso della colla potrebbe essere quello di espandere direttamente il polistirene

sui fogli di alluminio; il polistirene non aderisce bene ai metalli, poichè però nel nostro caso si hanno delle sollecitazioni limitate, si può ottenere una adesione sufficiente. Una alternativa può essere offerta dalla resina epoxy che ha una adesione sufficiente; essa può dare una densità media di 3 libbre per piede cubo ed a questa densità è estremamente fragile, pensiamo però che con ulteriori ricerche si potrà diminuire la densità ed aumentare la resistenza. Un altro sistema per eliminare lo strato di colla potrebbe essere quello della deposizione elettrolitica su una superficie argentata chimicamente. Però i metalli possibili o non si possono depositare oppure sono troppo costosi ed inoltre la superficie del polistirene è difficilmente liscia. Potrebbe essere preferibile la deposizione di vapori di alluminio sotto vuoto, però anche in questo caso è necessaria una superficie piana.

L'altoparlante medio da 2 pollici che è adatto per frequenze oltre 1 - 1,5 kHz consiste idealmente in un disco di polistirene espanso con uno spessore di 0,17 pollici ricoperto da due fogli di alluminio dello spessore di 0,00024 pollici. Il peso del diaframma sarà di 0,16 g ai quali si devono aggiungere 0,10 g per la bobina in rame e 0,14 g per il corpo, ecc. Si avrà allora un rendimento di circa il 2 % a 14.000 gauss e la risposta agli alti sarà diminuita di 3 dB a 5,5 kHz.

Il tweeter da 1 pollice di diametro che è adatto per frequenze oltre i 5 kHz richiede per la bobina in alluminio un peso di soli 5 mg. e per il disco il corpo, ecc., un peso totale di 25 mg. Il sandwich consiste teoricamente in un'anima avente lo spessore di 0,05 pollici con dei fogli di alluminio dello spessore di 0,00007 pollici ed ha un peso di 13 mg. Il rendimento a 14.000 gauss (e 5 kHz) sarà uguale a circa il 2 % e si avrà una diminuzione della curva di risposta di 3 dB a 13 kHz e 5 dB a 15 kHz.

Non sarà facile costruire i sandwich richiesti dagli altoparlanti per i medi e gli alti, specialmente adesso che il polistirene espanso è ancora poco omogoneo. Poichè esso è ottenuto con l'espansione di granuli si hanno delle densità variabili e dei vuoti fra i grani. Però sono sicuramente possibili dei miglioramenti che consentiranno di ottenere una costruzione più omogenea. Ed inoltre pensiamo che il sistema più adatto per preparare i diaframmi dei tweeter sia quello di stampare il materiale in modo da ottenere una superficie continua come nella ebanite espansa.

Impiego di plastiche spugnose rigide.

Il De Mars ha usato un quadrato di plastica spugnosa rigida fissato semplicemente di fronte al cono di un altoparlante normale. In America esiste l'altoparlante « Racon » nel quale delle striscie di plastica spugnosa rigida sono fissate sulla parte posteriore del cono al fine di ridurre le risonanze. L'altoparlante tedesco « Zellaton » ha un cono in foglio metallico rivestito posteriormente con plastica spugnosa verniciato esternamente; non si sa però se la plastica sia rigida o flessibile. A parte queste poche eccezioni non si trova attualmente in commercio nessun altro tipo di altoparlante che faccia uso della costruzione a sandwich.

Altre applicazioni della costruzione a sandwich

Il sandwich può essere impiegato, oltre che per aumentare la rigidità senza aumentare il peso, anche per diminuire il peso senza diminuire la rigidità. In questo modo un diaframma a sandwich sottile può avere la stessa rigidità di un cono normale ed un peso molto inferiore. La massa mobile totale sarà allora meno della metà della normale e la potenza resa all'estremità degli alti sarà circa 4 volte mentre ai bassi sarà aumentata di 2,5 volte. E' quindi chiaro il vantaggio che si può ottenere aumentando il rendimento degli altoparlanti normali senza peggiorarne la qualità.

Un diaframma piatto a sandwich sarà utile nei casi in cui occorre un altoparlante di dimensioni ridotte come in certi ricevitori TV e nelle radio portatili.

La costruzione a sandwich può essere usata con vantaggio anche negli altoparlanti a tromba. Il diaframma di questi altoparlanti è di solito più piccolo e più rigido di quello degli altoparlanti a radiazione diretta. Si ottiene così una maggiore attenuazione della risonanza. E questo è il vantaggio principale degli altoparlanti a tromba. Quindi un ulteriore aumento della rigidità sarà più che desiderabile.

Anche la costruzione dei microfoni e dei telefoni potrà trar profitto dalla costruzione a sandwich. In questo caso il sandwich optimum non sarà pratico, ma sarà sempre possibile una riduzione di peso o un aumento della rigidità.

Potranno avvantaggiarsi con il sandwich anche le trombe esponenziali, i baffle ed in genere tutte le custodie per altoparlanti. In quest'ultimo caso se il materiale dell'anima ha i fori intercomunicanti si può perforare la superficie interna ottenendo così un effetto assorbente del suono nel sandwich stesso.

Fig. 5
Progetto per un woofer per bassa frequenza.

TABELLA 1 *Modulo di elasticità-densità di alcuni materiali.*

Materiali	Modulo di elasticità alla flessione in libbre (poll.²)	Densità in libbre (pollice cubo)	Modulo Densità	Modulo Densità ³
Acciaio	30 × 10⁶	0,28	107 % 10⁶	1,3 % 10⁹
Alluminio	10 × 10⁶	0,096	104 % 10⁶	11,3 % 10⁹
Magnesio	7 × 10⁶	0,063	111 % 10⁶	28 % 10⁹
Berilio	37 × 10⁶	0,067	552 % 10⁶	123 % 10⁹
Resina epoxy	0,5 × 10⁶	0,045	11,1 % 10⁶	5,5 % 10⁹
Polistirene	0,52 × 10³	0,038	16,3 % 10⁶	11,3 % 10⁹
Carta bachelizzata	2 × 10⁶	0,052	38,4 % 10⁶	14,2 % 10⁹
Carta da coni dura	0,4 × 10⁶	0,029	13,8 % 10⁶	16,4 % 10⁹
Carta da coni soffice	0,15 × 10⁶	0,015	10 % 10⁶	44,5 % 10⁹
Ebanite espansa	1.000	0,0023	0,44 % 10⁶	82,0 % 10⁹
Polisterene espanso	500	0,00058	0,86 % 10⁶	2,56 % 10⁹

A TU PER TU COI LETTORI

circuito ad alta impedenza per ottenere la curva standard di riproduzione, da applicarsi al circuito di griglia dello stadio amplificatore.

TAVOLA 1

frequenza	dB	frequenza	dB
30	+ 22,5	1500	- 1,5
40	+ 20	2000	- 2,2
50	+ 18	2500	- 3
70	+ 15	3000	- 4
100	+ 12	4000	- 5,5
150	+ 8,5	5000	- 6,7
200	+ 6,5	6000	- 8
300	+ 4,5	7000	- 9
400	+ 3	8000	- 10
500	+ 2	9000	- 11
800	+ 0,5	10000	- 12
		12000	- 13,5
1000 (ref)	± 0	15000	- 15,5

tolleranza permessa ±2dB

Mario Mazzocchi - Roma

D - Il preamplificatore GBC consigliato per la testina « Goldring » a riluttanza variabile da me usata prevede la equalizzazione per quattro curve di cui tre per 78 r.p.m. ed una sola per microsolco. Desidererei che gentilmente mi indicaste i valori dei componenti dei filtri R.C. per tutte le curve microsolco attualmente in uso e possibilmente per i nuovi dischi a 16 r.p.m.

Sarei grato se oltre alle usuali curve (RIAA-AES-FFRR-LONDON-NEW ORTOPHONIC) mi indicaste i valori per le curve meno note come la C.C.I.R. la POLIDOR per i dischi dell'« ORPHEUS » e per D.G.G.

Vorrei sapere inoltre se siete al corrente del motivo per cui alcuni dischi della R.C.A. (Dixieland Festival vol. I, II, III, IV, 45 e 33) e alcuni tra gli ultimi dischi della DECCA presentano una curva molto dissimile da quella usata normalmente dalle stesse ditte.

R - La sua richiesta purtroppo non può essere pienamente soddisfatta. Prima di giungere a questa conclusione ci siamo dati parecchio da fare per raccogliere le varie curve di registrazione e di riproduzione dischi. Così le forniamo le caratteristiche delle principali curve.

Quelle relative al microsolco sono tutte praticamente coincidenti con la RIAA e C.C.I.R. Queste due ultime sono ormai le uniche adottate, le altre appartengono alla storia, comunque differiscono di poco tra loro; tenendo presente che per tutte le curve sono ammessi ± 2 dB di tolleranza, si riscontra che la maggior parte di esse rientra nelle due curve standard RIAA (America-Inghilterra) e C.C.I.R. (Europa). Per le curve di riproduzione della HMV (Voce del Padrone-Columbia inglese) rimandiamo al n. 1 maggio 1957 della ns. Rivista « Alta Fedeltà ». La determinazione dei filtri equalizzatori, per garantire l'esito desiderato, deve essere fatta sperimentalmente per ogni tipo di riproduttore. Si deve procedere così: procurarsi un disco di frequenza per ognuna delle curve da equalizzare, fissare il tipo di rivelatore da usare, determinare i valori delle capacità e resistenze in modo da avare uscita costante in tutto il campo di frequenza del disco. Alcune Case (come ad esempio la Polidor) non pubblica e non rende nota la sua caratteristica di registrazione.

Ricordiamo che nel n. 5/58 è pubblicato uno schema, forse il più completo, di preamplificatore provvisto di equalizzazione dischi prevista per il maggior numero di curve. A detto schema (pag. 125, N. 5, 1958) si devono portare le seguenti correzioni: 1) Il condensatore alla « entrata del registratore » è da 0,01 μF e non da 0,1; 2) Le resistenze di catodo di V2A sono 1,5 e 33 kΩ invece di 15 e 3,3 kΩ rispettivamente; 3) Il condensatore inferiore dei « toni bassi » è di 220 pF e non 0,022 μ; 4) La resistenza di catodo di V3A è di 1,5 kΩ invece di 15 kΩ; 5) I condensatori che vanno ai filtri roll off e turn over sono da 0,01 μ e non da 0,1 μ; 6) La resistenza 15 kΩ - 1 W del filtro che va al cavo di alimentazione è di 82 kΩ.

Procedendo come detto sopra, con la scorta delle curve allegate, Ella potrà determinare in laboratorio i filtri adatti al suo riproduttore. A nostro parere le 4 curve previste dallo schema G.B.C. sono più che sufficienti per la riproduzione dei vari tipi di dischi, poichè nessun orecchio può avvertire differenze di intensità inferiori a 3 dB durante la riproduzione di un brano musicale.

caratteristiche di riproduzione A.E.S. microsolco

caratteristiche di riproduzione R.I.A.A. e C.C.I.R. per microsolco

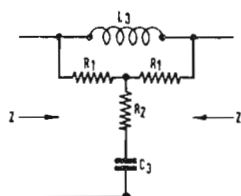
caratteristiche d'incisione per dischi a 78 giri

caratteristiche d'incisione per dischi microsolco e per trascrizioni

Z (ohm)	L1 (mh)	C1 (μF)	R0 (ohm)
150	9,55	0,408	150
250	15,9	0,255	250
500	31,8	0,127	500
600	98,2	0,102	600

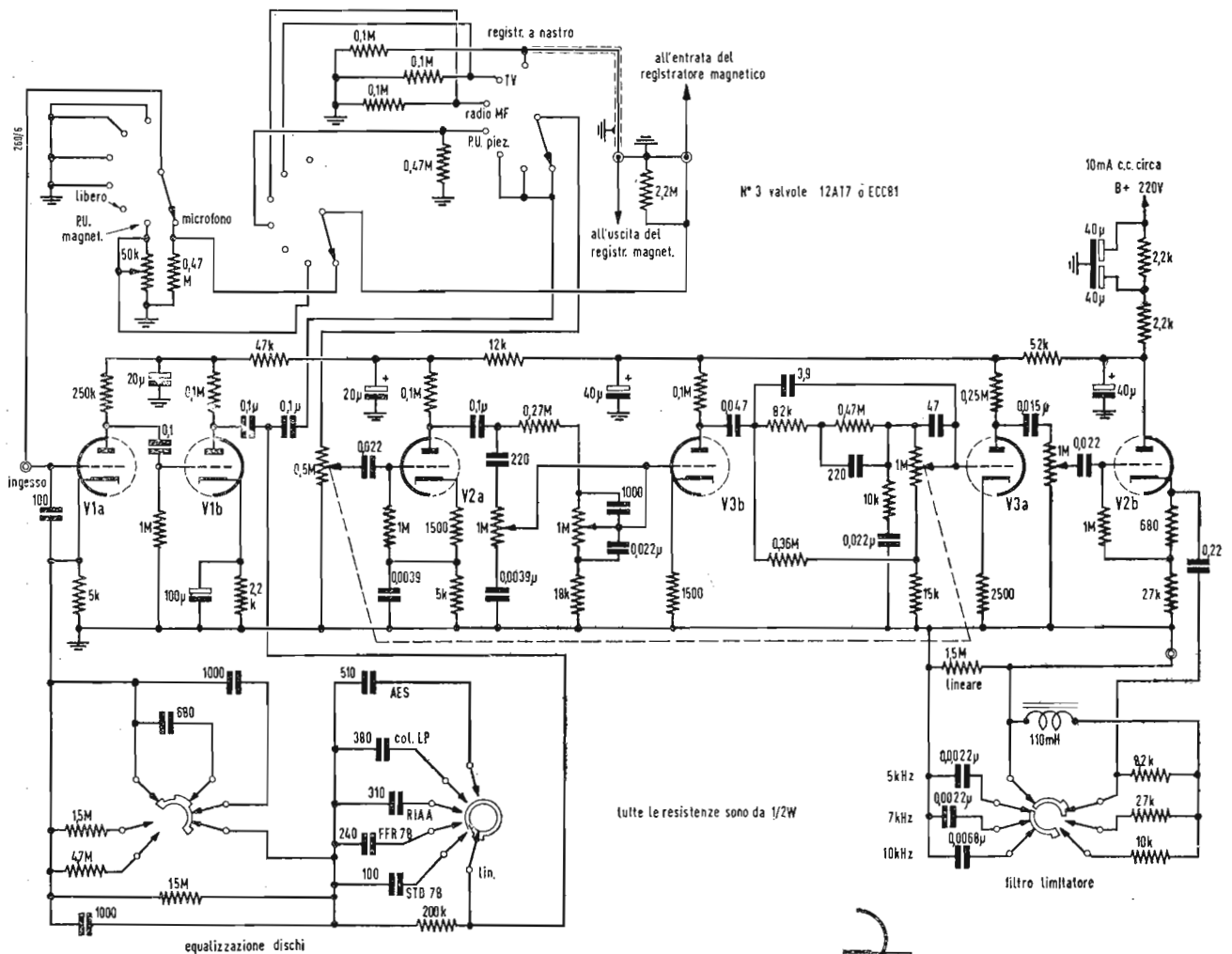
circuito di deaccentuazione per la riproduzione

Z (ohm)	C2 (μF)	L2 (mh)	R1 (ohm)	R2 (ohm)
150	0,0472	1,045	123	30
250	0,0284	1,74	204	50
500	0,0142	3,49	408	101
600	0,0118	4,19	491	121

circuito di preaccentuazione per la registrazione

Z (ohm)	L3 (Hy)	C3 (μF)	R1 (ohm)	R2 (ohm)
150	0,545	24,08	123	30
250	0,910	14,44	204	50
500	1,81	7,22	408	101
600	2,18	6,02	491	121

equalizzatore per l'esaltazione delle basse frequenze per la riproduzione

circuiti a impedenza costante adatti per l'impedenza di linea indicata

N° 3 valvole 12AT7 o ECC81

tutte le resistenze sono da 1/2W

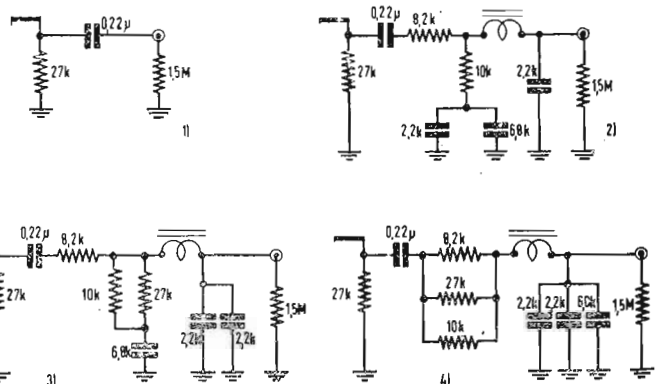
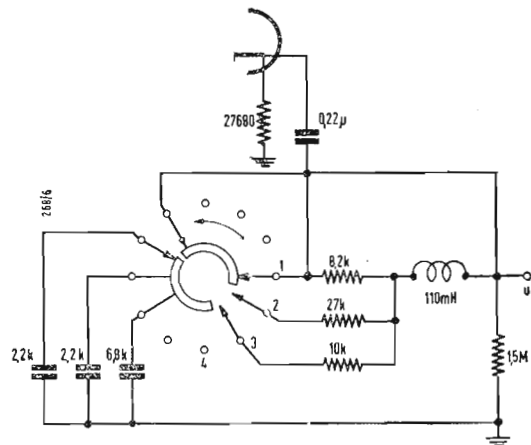
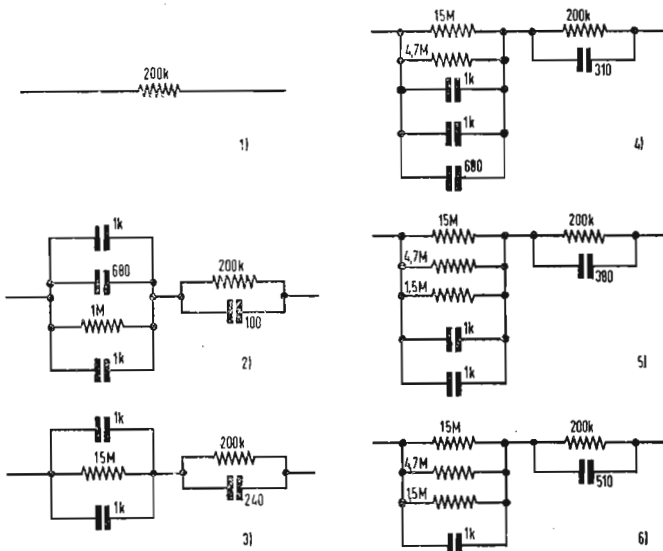
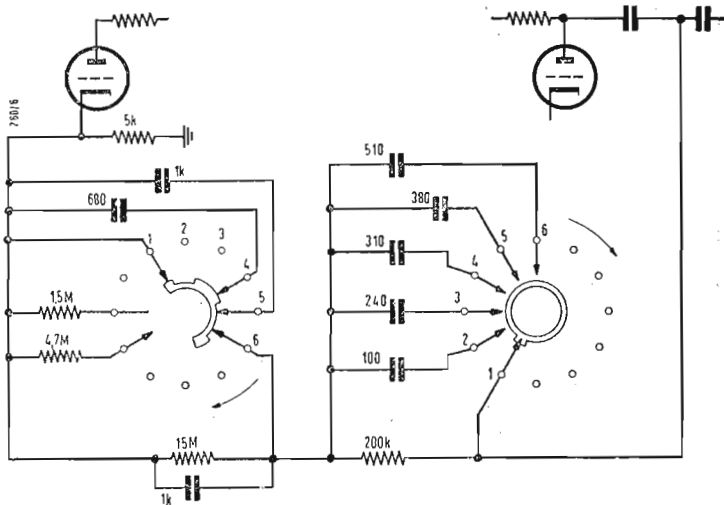
equalizzazione dischi

filtro limitatore

De Pigliaro Carlo - Roccadarce (Frosinone)

D - Riferendomi al preamplificatore Audio Consolette Marantz descritto nel n. 3 1957 della rivista « alta fedeltà » desidererei uno schema dello stesso preamplificatore completato nei commutatori di ingresso, di equalizzazione e di filtro, in quanto sullo schema della rivista non si riesce a distinguere fra i contatti lunghi e corti. Prego inoltre indicare le valvole da usare, la corrente anodica assorbita dall'apparecchio, la dissipazione delle resistenze.

R - Pubblichiamo lo schema del preamplificatore Audio Consolette della Marantz, da noi completato per quanto possibile, più gli schemetti parziali dei vari commutatori.
La Marantz non fornisce altri dettagli. Ci siamo rivolti a suo tempo anche allo Stand americano della Mostra al Palazzo della Triennale di Milano, dove detta Casa è rappresentata, ma non ci è stato fornito alcun elemento utile, nè di schema, nè di costruzione.

Riteniamo comunque di aver risposto alla maggior parte delle Sue domande e di averLa posta in grado di realizzare il preamplificatore in oggetto.

commutatore a quattro posizioni, due vie, filtro limitatore.

commutatore a due sezioni, sei posizioni, una via.
equalizzatore dischi

Vittorio Vallini - Torino

D - Desidero avere alcuni schiarimenti circa l'amplificatore « Grommes » illustrato sul numero 7-1957 di « Alta Fedeltà ».

1) Il potenziometro speciale usato per il controllo a profilo dove è reperibile, oppure come si può sostituire con i pezzi in commercio? 2) Il trasformatore di uscita ha una presa che viene collegata alle griglie schermo, a che altezza dell'avvolgimento è derivata questa? 3) Il condensatore elettrolitico di catodo della 12 AX7 segnato 100 μ - 10 V sarà 10 μ - 10 V? 4) Infine il condensatore segnato « 51 » posto dopo il potenziometro volume di che valore è?

R - Il potenziometro per la regolazione fisiologica del volume è da 0,5 MΩ a variazione logaritmica normale, con prese a 0,1 MΩ e a 0,25 MΩ. Non è possibile ottenere in Italia il tipo originale americano, ma la Lesa (Milano - Via Bergamo 21) fabbrica tali potenziometri su ordinazione. E' probabile che anche la Mial (Milano - Via Fortezza 11) fabbrichi simili potenziometri.

2) Il collegamento fra primario del T.U. e le griglie schermo delle 6L6G è errato e deve essere eliminato. Tale connessione esiste anche nello schema originale dell'amplificatore Grommes 61TGK ed il nostro disegnatore l'ha fedelmente riprodotto.

3) Il condensatore elettrolitico di catodo della II sezione della III 12AX7 è veramente 100 μF - 10 V. Esso non è in parallelo alla resistenza di catodo per costituire il gruppo di autopolarizzazione come di solito, ma deve chiudere il circuito per le componenti alternative anche alle bassissime frequenze, quindi deve avere una capacità altissima. La corrente anodica dei 2 triodi si chiude attraverso al secondario del trasformatore.

4) Il condensatore collegato al regolatore di volume è di 51 pF e serve ad esaltare gli acuti.

Giuseppe Bottani - Milano

D - Desidererei i dati per la realizzazione pratica di un filtro « crossover » per gruppo di 3 altoparlanti, dei quali dò i dati che presumo necessari:

1) note basse: woofer 15", 25 W, 16 Ω, taglio a 600 ÷ 800 Hz; note medie: 5 W, 5 Ω; note alte: potenza presum. 3-5 W, 10 Ω (da 3000 Hz in su).

L'amplificatore usato è un Leak da 10 W con uscite a 4, 8, 16 Ω.

Il filtro attualmente da me usato è assolutamente empirico ed a orecchio distribuisce troppa potenza all'altoparlante da 15", da cui si ha un forte volume sulle note medie rispetto le basse e le alte. Comprenderà pertanto il mio disappunto nel non poter ottenere le massime prestazioni dall'impianto i cui componenti peraltro sono abbastanza buoni.

Inoltre desidererei conoscere la causa del discreto livello di fruscio prodotto, con dischi microsolco. La cartuccia da me usata è la GMC5 dinamica a punta di diamante (come avete consigliato nel Vs. ultimo numero, per un audizione migliore) ed in altro complesso da me udito che montava la medesima cartuccia, il fruscio quasi non si udiva.

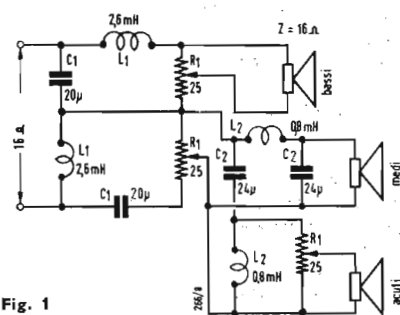



Fig. 1

R - Uno schema di filtro che risolve praticamente in modo semplice il quesito da Lei proposto è come in fig. 1.

Si utilizza l'unica presa 16 Ω del secondario del trasformatore di uscita. I potenziometri R1 da 25 Ω a filo per forte dissipazione servono a dosare una volta tanto la potenza fornita a ciascun altoparlante. Essi permettono inoltre l'esclusione dei singoli altoparlanti.

Il fruscìo da Lei lamentato può essere imputabile ad un'eccessiva esaltazione degli acuti. Lo schema sopra riportato permette la regolazione dei toni; diminuendo quando è necessario la resa del tweeter l'inconveniente dovrebbe sparire, sempre che non si tratti di capsula difettosa.

Mar. Magg. Nibbiolo Giovanni - Legnano

D - Sul N. 2, giugno 1957 di « Alta Fedeltà » pag. 26 viene trattato l'altoparlante a cono metallico tipo BCS 1851.

E' attualmente reperibile in Italia?

Ed, eventualmente, a quale prezzo?

R - L'altoparlante a cono metallico BCS 1851 è venduto in Italia dalla Ditta Martansini, Milano, Via Montebello, 30, telef. 66.78.58. Il prezzo di listino è di L. 24.000

Rubrica dei dischi HI - FI

a cura del Dott. Ing. F. Simonini

In questa mandata di dischi siamo lieti di recensire finalmente il disco di controllo per stereo della Decca. E' un 30 cm che offre delle comode possibilità di controllo dato lo spazio che viene dedicato alle frequenze singole.
Ogni facciata del disco si riferisce ad uno solo dei due canali stereo.

Caratteristiche tecniche degli apparati impiegati per la recensione

Complesso monocanale per normali microsolco.

Giradischi professionale Garrard, testina rivelatrice Goldring a riluttanza variabile, e equalizzazione RIAA (New Orthofonic) preamplificatore con regolazione di volume a profilo (Loudness Control) amplificatore di tipo Williamson da 30 W di uscita con disposizione ultralineare.
Complesso di altoparlanti a combinazione mista labirinto reflex composto da: un altoparlante coassiale Tannoy (Gamma 20 - 20.000 periodi) un altoparlante di « presenza » Stentorium da 9 pollici, tre altoparlanti a cono rigido per le note acute a disposizione stereofonica.
Estensione della sala: 48 mq per 3,70 m di altezza. Complesso Festival gentilmente messo a disposizione dalla Prodel.

Complesso bicanale per dischi stereofonici.

Giradischi professionale Thorens con braccio Garrard e testina a riluttanza variabile speciale per stereo della Pickering.
Amplificatore stereo 12 + 12 W con controllo di bilanciamento, equalizzatore della caratteristica di registrazione (RIAA) e soppressore di fruscio. Doppio radiatore acustico realizzato con altoparlanti coassiali Tannoy componenti il modello Sinphony gentilmente messo a disposizione dalla Prodel.

Edizioni Mercury.

Disco MG 20185
Art Hodes and His High-fives
Jazz Chicago Style

Bellissimo disco di jazz questo, dedicato alla seconda maniera, allo stile di Chicago.
E' una raccolta di incisioni di grande freschezza e di una scioltezza sorprendente. Veramente straordinaria, vi assicuro, la fusione orchestrale e soprattutto la signorilità e lo equilibrio nel gioco degli arrangiamenti condotti con vivacità, con aderenza di stile ma con grande misura.
Non per nulla il retro della copertina definisce Art Hodes come « one of the gentlemens of music - making ».

Si finisce per restare veramente toccati ed addirittura commossi. Anche la distribuzione dei motivi è stata molto curata in modo da non stancare l'ascoltatore.

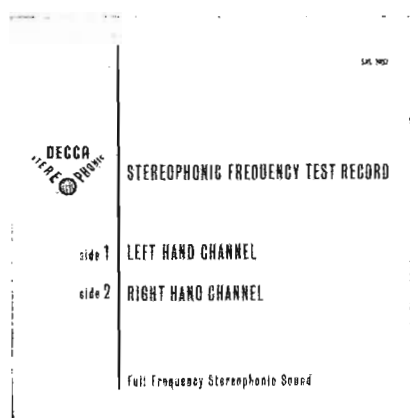
Un ritmo si succede ad un blues e così via. In tutto nove pezzi di discreta lunghezza, (« Organ Grinder » arriva ai 7 minuti) e per lo più sconosciuti al nostro pubblico italiano,

tranne « Sweet Georgia Brown » e « Royal Garden Blues » tipici del periodo di Chicago. L'incisione è alla altezza di tutte le qualità di questo disco. Magnifica la ripresa su nastro. C'è tutto, il pizzicato di contrabbasso, assieme al pieno di tromba al gioco di spazzole agli accordi di piano ma ripreso con tutti gli evidenti artifici di un grande studio e quindi con una bellissima naturalezza. E' un disco di fedeltà veramente spinta.

Edizioni DECCA

Disco SXL 2046 Stereofonico

Tchaikowsky: Serenade in C. Major for String Orchestra Mozart: Eine Kleine Nachtmusik »
Orchestra filarmonica di Israele diretta da Georg Solti.
Gli editori si lamentano qualche volta che nel pubblico italiano vi sia una certa freddezza per la musica da camera.
Indubbiamente si tratta di un genere musicale di più difficile interpretazione per il quale occorre quiete, tranquillità, raccoglimento, ma soprattutto un poco di introduzione e un poco di informazione.
Bisogna portare l'appassionato ad una « forma mentis » per la quale non si debba ascoltare solo ciò che piace o che viene esaltato da tutti (le grandi sinfonie, ecc.) ma tutto ciò che di convenientemente curato viene pubblicato.
Per questo accettiamo volontieri accanto alla famosa « Piccola Serenata » di Mozart un'altra serenata molto meno conosciuta ed apprezzata di Tchaikowsky.
Tanto più che si tratta di una nuova esecuzione stereo eseguita dalla orchestra di Israele e diretta da Solti.
Raccomandiamo queste due belle composizioni per orchestra d'archi sia per il nitore dell'incisione che per il senso « spaziale » della riproduzione stereo che facilita senz'altro come a noi è capitato, la comprensione del testo musicale.
L'orchestra ebrea formata nel 1947 ha dato ottima prova di sè. L'incisione su nastro è stata eseguita in Israele all'auditorio di Tel Aviv.

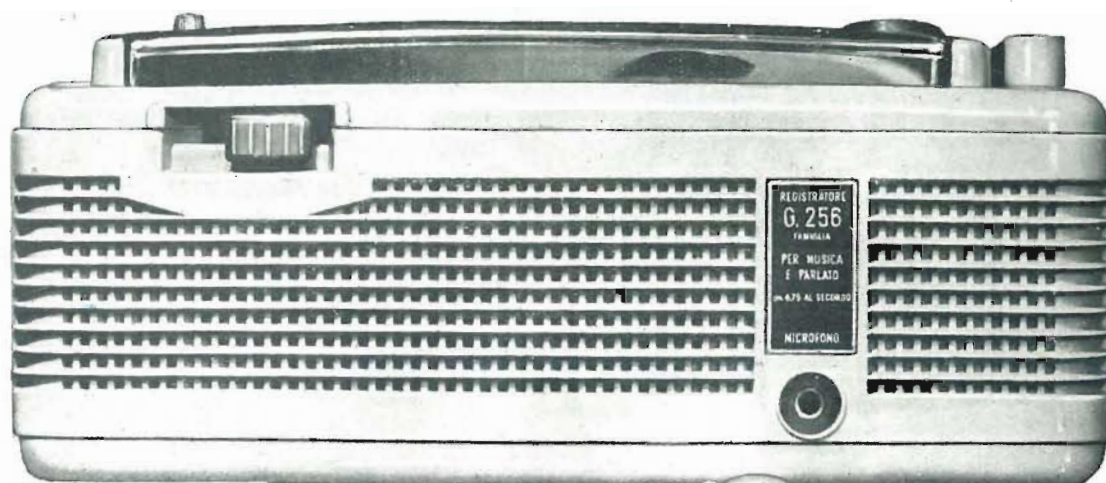
Disco SXI 2057
Stereophonic frequency test record
Side 1 Lext hand channel
Side 2 Right hand channel
Si tratta come si vede del primo disco di controllo per complessi stereofonici. Su entrambe le faccie del disco sono incise 12 fascie largamente intervallate, cosa questa che facilita sia il riconoscimento della frequenza che il posizionamento della puntina nei solchi di servizio tra una frequenza e l'altra.

A disposizione delle incisioni si hanno infatti tutti i 30 cm. del disco.
Le frequenze sono:
12 kHz - 10 kHz - 8 kHz - 6 kHz - 4 kHz - 2 kHz - 1 kHz - 500 Hz - 250 Hz - 125 Hz - 60 Hz - 40 Hz.

La curva di incisione si scosta al massimo di ½ dB della RIAA ed il livello ad 1 kHz corrisponde ad una velocità della puntina di 1 cm/sec. per una lettura in valore efficace.

Il « cross talk » in corrispondenza ad 1 kHz è inferiore ai 20 dB; Entrambe le facciate sono incise per le frequenze su indicate ma il primo lato si riferisce ad uno solo dei due canali stereofonici e precisamente il sinistro mentre il secondo permette di controllare solo il canale di destra. Riteniamo si tratti di uno strumento indispensabile per l'amatore di Hi-Fi. ■

GELOSO

MAGNETOFONO G 256

UN NUOVO GIOIELLO PER EFFICIENZA PRATICITÀ PRECISIONE PREZZO !

- Risposta: 80 ÷ 6500 Hz
- Durata di registrazione-riproduzione con una bobina di nastro: 42+42=84 minuti primi
- Velocità del nastro: 4,75 cm/sec
- Comandi a pulsanti
- Regolatore di volume
- Interruttore indipendente
- Contagiri per il controllo dello svolgimento del nastro
- Avanzamento rapido
- Attacco per il comando a distanza
- Telaio isolato dalla rete
- Dimensioni ridotte: base cm. 26 × 14, altezza cm. 10,6
- Peso ridotto: Kg. 2,950
- Alimentazione con tutte le tensioni alternate unificate di rete da 110 a 220 volt, 50 Hz (per l'esportazione anche 60 Hz)

PREZZI

Magnetofono G 256, senza accessori	L.	**35.000**
Tasse radio per detto	»	**240**
Microfono T 34	»	**2.600**
Bobina di nastro N. 102/LP	»	**800**
Bobina vuota	»	**100**
TOTALE	L.	**38.740**

PREZZO PER ACQUISTO GLOBALE DELLE VOCI QUI A LATO

L. 38.000